

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

Gegen die Störungen des Rundfunkempfangs

Von

Wilhelm Wagner

Direktor der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft

Es hieße Eulen nach Athen tragen, wenn ich den Lesern dieser Zeitschrift im einzelnen auseinandersetzen würde, daß und wodurch eine zeitweise oder dauernde Störung des Rundfunkempfangs auftritt. Ich würde auch nur alte Binsenwahrheiten anführen, wenn ich mich über die Maßnahmen äußern würde, durch deren Anwendung die Störungen an der Störungsquelle vermieden oder auf ein hinreichend unschädliches Maß gebracht werden können. Viel wichtiger erscheint mir, der Tatsache fest ins Auge zu sehen, daß die Störungen des Rundfunkempfangs im Laufe der letzten Zeit ein Ausmaß angenommen haben, das den Bestand und die Zukunft des Rundfunks in gewissem Umfange gefährden kann. Insbesondere die gewaltige Entwicklung auf dem Gebiet der Herstellung und Verbreitung elektrischer Apparate des hauswirtschaftlichen und gewerblichen Betriebes, wie elektro-medizinische Apparate, Temperaturregler, Nähmaschinenmotore, Staubsauger, Trockengeräte, Lichtreklame usw., und nicht zu vergessen die Straßenbahn, haben die Gefahr von Tausenden — man kann sagen von Hunderttausenden — von Störherden und Störquellen mit sich gebracht, die ihrerseits der zehnfachen, vielleicht auch zwanzigfachen Anzahl von Rundfunkhören den Rundfunkempfang verschlechtern, in zahllosen Fällen unmöglich machen.

Es wäre falsch, zu unterstellen, daß das Übel der Störung des Rundfunkempfangs erst jetzt, nachdem es den geschilderten großen Umfang angenommen hat, erkannt worden wäre. Schon von jeher sind die Empfangsstörungen nicht unbeachtet geblieben, und schon solange als es einen Rundfunk gibt, wurde der Kampf gegen Rundfunkstörer geführt. Die Gerechtigkeit fordert auch zu erwähnen, daß von Behörden, Rundfunkgesellschaften und privaten Vereinigungen, oft auch in der uneigennützigsten Weise, viel Arbeit in der Bekämpfung der Störungen geleistet wurde und auch sehr beachtliche Erfolge erzielt wurden. Es muß aber in Erwägung gezogen werden, neue Wege zu gehen und neue Maßnahmen zu ergreifen.

Keinem Zweifel unterliegt es, daß es sich bei der Störungsbekämpfung um viel Kleinarbeit und um die Betätigung an vielen örtlichen Stellen, nämlich bei und um den Störherd, handelt; es hat sich deshalb die Notwendigkeit erwiesen, eine straffe Organisation zu schaffen, die Gewähr dafür bietet, daß nicht nur hie und da etwas geschieht, sondern daß in geregelter Weise den Störungen nachgegangen und in der hartnäckigsten Weise an ihrer Beseitigung gearbeitet wird. Es kommt darauf an, alle Arbeitsstellen im Deutschen Reich zusammenzufassen und unter einen gemeinsamen Hut zu bringen. Zu diesem Zweck wurde auf Veranlassung des Rundfunk-Kommissars, des Herrn Staatssekretärs Dr. Bredow, der „Ausschuß für Rundfunkstörungen“ geschaffen, hinter dem alle

diejenigen Kreise stehen, denen eine Förderung und Ausbreitung des Rundfunkgedankens am Herzen liegen. Dieser Ausschuß hat im wesentlichen die Aufgabe, die Bewegung des Kampfes gegen die Rundfunkstörungen zusammenzufassen, in die zweckentsprechenden Bahnen zu leiten, Anordnungen zu geben, zu den Arbeiten Stellung zu nehmen usw. Im engen Einvernehmen mit diesem Ausschuß arbeitet die der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft angegliederte „Zentral-Funkhilfe“, zu der das bisher bei der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft schon vorhandene Referat der Störungsbekämpfung ausgebaut wird.

Zur örtlichen Bekämpfung der Empfangsstörungen in den einzelnen Bezirken der Rundfunkgesellschaften werden sogenannte „Bezirksfunkhilfen“ geschaffen, deren Aufgabe u. a. in der zusammenfassenden Bearbeitung aller Störungsangelegenheiten für den Bereich der Gesellschaft besteht. Für die örtliche Arbeit werden Störungsbezirke abgegrenzt, in denen „Funkhilfen“ als Arbeitsgemeinschaften unter Leitung eines Obmannes mit der erforderlichen Zahl geeigneter Funkhelfer gegründet werden.

Es ist natürlich nicht daran zu denken, mit der Durchführung der geschilderten Organisation damit zu beginnen, etwa bereits bestehende Organisationen zur Störungsbekämpfung einfach zu zerschlagen und an ihre Stelle jetzt eine neue Organisation zu setzen; die alten Organisationen mögen ruhig weiter arbeiten, es kommt zunächst aber darauf an, deren Erfahrungen zu sammeln, auszuwerten und in Anpassung an die neu zu schaffende Organisation zu verwerten. Jegliche Stockung in der Bearbeitung von Störungsangelegenheiten muß vermieden werden. Im übrigen lassen die demnächst zur Ausgabe gelangenden „Richtlinien für die Funkhilfen“ den einzelnen Gesellschaften genügend Spielraum und Möglichkeit, die Störungsbekämpfung den örtlichen Verhältnissen anzupassen. Allerdings wird man bestrebt sein, die Gesichtspunkte, nach denen in den einzelnen Bezirken der Kampf gegen die Störungen durchgeführt wird, im Laufe der Zeit auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, um — natürlich immer unter möglichster Beachtung örtlicher Eigenheiten — eine möglichst gleichartige Behandlung von Störungsangelegenheiten zu erreichen.

Naturgemäß ist auch nicht daran gedacht, nun mit Hurra und Feldgeschrei gegen die Rundfunkstörer vorzugehen. In zahlreichen Fällen wird es möglich sein, durch gütliche Vereinbarung und im Wege der Verständigung mit den Störern zum Ziel zu gelangen. Zeigt sich allerdings hartnäckiger Widerstand, so wird man von der Anwendung von Gewaltmaßnahmen, soweit gesetzliche Vorschriften solche zulassen, und von der Anrufung der Gerichte, soweit gesetzliche Handhaben gegeben sind, Gebrauch machen müssen.

Hand in Hand mit der unmittelbaren Bekämpfung der Störungen muß ein besonderes Augenmerk auf den Ausbau der gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften gerichtet sein, wozu es nötig sein wird, besondere Verhandlungen mit den in Betracht kommenden Verbänden und Behörden zu führen. Inzwischen aber gilt es für das Heute und Morgen zu sorgen und mit allen Mitteln darauf bedacht zu sein, für die Gegenwart einen Zustand zu schaffen, der die Störungen des Rundfunkempfangs zum mindesten erträglich macht.

Und nun noch einige Worte an die Störer. Solange ein Mensch in der Einöde und fern von der menschlichen Ge-

sellschaft allein haust, kann er tun und lassen was er will. Er belästigt und stört seine Mitmenschen mit seinem Tun nicht. Wenn der Mensch aber unter anderen Menschen lebt, dann ist er gezwungen, Rücksicht zu nehmen auf die Gewohnheiten der anderen, in gleicher Weise wie er erwartet, daß auf ihn Rücksicht genommen wird.

Ich wünschte, daß jeder Rundfunkhörer selbst Rundfunkhörer sei, so daß er selbst die Unannehmlichkeiten empfindet, die eine Störung des Rundfunkempfangs mit sich bringt, so daß er schließlich selbst zu dem berechtigten Ausruf kommt: „Nehmt Rücksicht auf die Rundfunkhörer!“

Funkhilfe

An dieser Stelle ist schon oftmals von verschiedenen Seiten über den Kampf gegen die Rundfunkstörungen gesprochen worden. Es würde also lediglich eine Wiederholung bedeuten, über die technischen, organisatorischen und juristischen Maßnahmen zu berichten, die gegen die Rundfunkstörungen unternommen wurden. Die am 1. November 1929 unter dem Vorsitz des Herrn Rundfunkkommissars des Reichspostministers, Staatssekretär a. D. Dr. Bredow, erfolgte Gründung des „Ausschusses für Rundfunkstörungen“ läßt aber eine kurze Zusammenfassung des bis heute Geleisteten wünschenswert erscheinen.

Solange es Rundfunkstörungen gibt, solange gibt es auch schon bei den Vereinen des D.F.T.V. „Funkhilfen“, deren Aufgabe es ist, die Rundfunkhörer durch Rat und Tat vor Empfangsstörungen zu schützen. Ursprünglich wurde diese Aufgabe in verschiedenster Weise gelöst. In der Hauptsache handelte es sich um Rückkoppler, die ausfindig und durch Aufklärung unschädlich gemacht wurden. Des weiteren kamen Störungen in Frage, deren Ursache im Empfangsgerät zu suchen waren, und die in den meisten Fällen durch Eingreifen der Funkhilfen nicht nur beseitigt, sondern durch Belehrung des Hörers auch für die Zukunft so gut wie ausgeschaltet wurden. Erst bedeutend später trafen die Funkhilfen auf Störungen, deren Beseitigung ihnen erhebliche Kopfschmerzen bereitete. Heute wissen wir nur allzu gut, wer diese Störer sind. Der Stand der Deutschen Reichspost auf der diesjährigen Großen Deutschen Funkausstellung zeigte diese „Schreckenskammer der Rundfunkhörer“ — alles war an elektrischen Heil- und Haushaltungsgeräten vertreten, was stören kann — und, last not least — der Schrecken aller Schrecken — die Straßenbahn. Nachdem man sich der Störmöglichkeiten dieser elektrischen Anlagen bewußt wurde, nachdem die Technik bald Abwehrmittel gefunden und der D.F.T.V. als erster mit seiner Schrift eine Zusammenstellung dieser Störschutzmittel bekanntgab, waren dadurch den Funkhilfen — in gewissem Umfange wenigstens — die nötigen Hinweise gegeben, um auch gegen diese Art Störungen erfolgreich vorzugehen. Bald mußte man aber erkennen, daß die Elektrifizierung der Haushalte und Hausapotheken eine solche Unmenge von Störquellen schuf, daß die Funkhilfen in erster Linie nur noch gegen „Funkstörungen“ zu kämpfen hatten und alle anderen Störungen, wie Rückkoppler usw., in den Hintergrund traten. Der Aufgabenkreis der Funkhilfen war also riesenhaft erweitert und sein Schwerpunkt vollkommen verschoben worden. Während die Beseitigung der zuerst

genannten Störungen (Rückkoppler und Mängel der Geräte) durch äußerste Anspannung der Kräfte der Funkvereine und Funkhilfen zum großen Teil gelang, übersteigt die jetzt im Vordergrund des Interesses stehende Aufgabe bei weitem die Kräfte, die durch eine rein ehrenamtliche Tätigkeit der Funkfreunde in Anspruch genommen werden können.

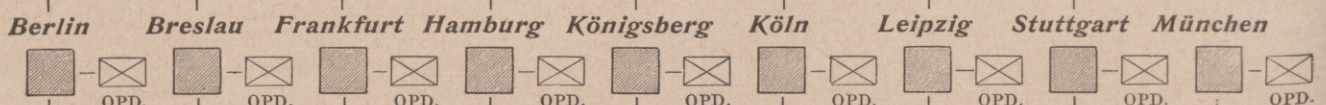
Es soll hier nicht verkannt werden, welch unendliche Pionierarbeit von den Funkhilfen geleistet wurde. Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, mit welcher zähen Energie der D.F.T.V. jahrelang den Boden für das Gedeihen einer starken, einheitlichen Organisation zum Kampfe gegen die Störungen bearbeitet hat. Auch nicht die wertvolle juristische Vorarbeit, die der D.F.T.V. und die R.R.G. geleistet haben, und die mit der Anerkennung des prägnanten Satzes „Rundfunkstörung ist Besitzstörung“ seitens einiger fortschrittlichen Amts- und Landgerichte einen erfreulichen Ausblick für die geplagten Hörer gebracht hat. Schließlich soll auch nicht die aufopfernde Tätigkeit einzelner Oberpostdirektionen und der Sendegesellschaften vergessen werden und endlich auch nicht das Vorgehen einer ganzen Anzahl von Elektrizitätswerken und verschiedener Polizeiverwaltungen.

Aber alle diese Bestrebungen, alle Mühe und Aufopferung sind nur als Teilergebnisse zu werten; die Störquellen vermehren sich tagtäglich und haben sich in der letzten Zeit geradezu zu einer Gefährdung des Rundfunks ausgewachsen. Diese Gefahr hat man in den interessierten Kreisen klar erkannt und sich nach Gegenmaßnahmen umgesehen. Wieder einmal ist es der Initiative des Rundfunkkommissars Dr. Bredow zu verdanken, daß im geeigneten Augenblick der Grundstein zu einem Bollwerk für die Rundfunkhörer und gegen die Rundfunkstörer gelegt worden ist.

Der „Ausschuß für Rundfunkstörungen“ ist die Zentralstelle, die einen einheitlichen Kampf organisieren wird. Die Schaffung von „Bezirksfunkhilfen“ für die Bereiche der Sendegesellschaften steht bevor, so daß die notwendigen Verbindungsglieder zwischen „Funkhilfen“ und der Zentralstelle bald vorhanden sein werden. Wahrscheinlich wird dann noch eine Zwischenschaltung der Oberpostdirektionen aus Zweckmäßigkeitsgründen erforderlich sein, da erfahrungsgemäß der größte Teil aller Störmeldungen an die Oberpostdirektionen geht. Der Aufbau der Organisation liegt in seiner Klarheit und Zweckmäßigkeit auf der Hand und wird sich — ohne irgendwie vorgreifen zu wollen — wie folgt darstellen.

Ausschuß für Rundfunkstörungen

Zentralbüro Berlin



Bezirksfunkhilfen am Sitz und für die einzelnen Bezirke der Sendegesellschaften in Zusammenarbeit mit den in Frage kommenden Oberpostdirektionen.

FUNKHILFE

Wie stets wird auch hier erst das praktische Arbeiten und die Erfahrung ausschlaggebend für das endgültige Bild der Organisation sein. Die Leitung und Zusammensetzung der Ausschüsse gibt uns die Gewähr, daß die Gesamtorganisation nicht überorganisiert wird oder erstarrt, sondern immer ein bewegliches und leicht zu handhabendes Kampfmittel bleibt, das unter Berücksichtigung lokaler Verhältnisse und Interessen überall und stets erfolgreich angewendet werden kann.

Welche Arbeiten erwarten nun den „Ausschuß für Rundfunkstörungen“? Eine Unmenge. Es seien daher nur diejenigen hervorgehoben, die dem D.F.T.V. als wichtigste erscheinen.

Da sind zunächst die vielen Aufgaben rein innerorganisatorischer Natur, die hier nicht näher interessieren, aber für einen schnellen und reibungslosen Ablauf der Geschehnisse von ausschlaggebender Bedeutung sind. Die Arbeit, die zur Zeit als die wichtigste erscheint, ist die Herausgabe von „Richtlinien für Funkhilfen“. Diese Richtlinien müssen für die Funkhilfen ein Standardwerk sein, das ihnen Auskunft über alle Fragen erteilt, die ihnen im Laufe ihrer Tätigkeit entgegnet. Ganz roh gesehen, müßten diese Richtlinien drei Hauptthemen enthalten.

1. Organisation der Funkhilfen. Hierunter ist alles das zu verstehen, was der einzelne Funkhelfer bezüglich des reinen Geschäftsverkehrs innerhalb der Funkhilfe wissen muß.

2. Technischer Teil. Eine Zusammenfassung aller bisher bekannten Störschutzmittel mit eingehenden technischen Anleitungen und Vorschriften.

3. Allgemeines. Dieses Kapitel muß sich eingehend mit der derzeitigen Rechtslage befassen und den Funkhelfern die notwendigen Fingerzeige für den Verkehr mit den Inhabern der störenden Geräte und den Gestörten geben.

Eine besonders wichtige Aufgabe, die überhaupt entscheidend für ein allgemeines, erfolgreiches Arbeiten der Funkhilfen ist, ist die Durchführung der Finanzierung, und zwar in einem Maße, daß die Funkhelfer nicht nur ihre Barauslagen schnell zurückbekommen, sondern darüber hinaus ein angemessenes Entgelt für die aufgewendete Arbeit und Mühe erhalten. Naturgemäß kann es sich hierbei immer nur um eine nebenamtliche Tätigkeit und dementsprechende Entschädigung handeln.

Aufgabe der Zentrale wird es auch sein, sich dauernd und eingehend mit der Auswahl der Störschutzmittel zu befassen. Dabei wären gegebenenfalls der Industrie Vorschläge für die weitere Entwicklung der Störfreimittel zu machen. Mit aller Kraft muß daran gearbeitet werden, daß fabrikatorisch hergestellte Störschutzmittel so schnell wie irgend möglich und zu niedrigsten Preisen auf den Markt gebracht werden. Schon jetzt tritt überall eine lebhaft Nachfrage nach solchen Mitteln auf, eine Nachfrage, die sich in demselben Maße verstärken, wie sich die Tätigkeit der Funkhilfen entwickeln wird.

Ein nicht zu unterschätzendes Arbeitsfeld ist das Gebiet der Aufklärung und Propaganda. Hier kann unendlich viel segensreiche Wirkung auf gutlichem Wege erreicht werden.

Nicht nur die Sendegesellschaften und Funkvereine müssen hier rührig sein, auch die Post selbst muß ihren Einfluß geltend machen, sei es nun durch Verwendung geeigneter Poststempel oder dergleichen. Eine systematische Aufklärungsarbeit aller interessierten Kreise muß einsetzen, um der Allgemeinheit vor Augen zu führen, welche Rücksichtslosigkeit es ist, unnötigerweise seinen Nachbarn im Rundfunkempfang zu stören. Ein Appell an das gesunde soziale Empfinden unserer Mitbürger, der von allen Seiten immer wieder ertönt, wird hier Wunder wirken. Körperschaften, wie nur beispielsweise der Deutsche Städtetag oder die Vereinigung der Elektrizitätswerke, können hier in hohem Maße ihren Einfluß geltend machen.

Für diese Aufklärungsarbeit steht schon heute ein Druckmittel zur Verfügung, das auch den Rücksichtslosesten auf seine Verpflichtung zur Rücksichtnahme gegenüber seinen Mitmenschen erfolgreich stoßen wird. Nämlich die Tatsache, daß auf Grund der besitzrechtlichen Bestimmungen des BGB. derartige Rundfunkstörungen Störungen des Besitzrechts darstellen. Ein zähes und energisches Vorgehen wird sehr bald zeigen, wie nutzbringend ein Kampf in dieser Richtung ist. Er wird und muß dazu führen, daß Besitzer störender Geräte diese aus eigenem Antrieb mit Störschutzvorrichtungen versehen oder zumindest nur außerhalb der Hauptsendezeiten in Betrieb nehmen. Durch letzteres allein würde schon in vielen Fällen wesentliche Abhilfe geschaffen werden. Eine Propaganda in diesem Sinne wird aber noch weiter führen, und zwar dahin, daß die Nachfrage nach „störfreien“ Haushalts- und Heilapparaten steigt und die störenden hoffentlich bald als chronische Ladenhüter ihr Dasein fristen. Ein solches Verhalten des kaufenden Publikums wird seinen Einfluß auf die Herstellerfirmen nicht verfehlen, die sich bisher sicherlich viel zu wenig der Fabrikation störfreier Geräte angenommen haben.

Als letztes der wichtigsten Arbeitsgebiete ist noch die weitere Verfolgung und Durchführung aller mit Störungen verbundenen Rechtsfragen zu nennen. Eine Aufgabe, die sich nicht so schnell durchführen läßt wie die vorerwähnten. Aber doch ein Feld, das intensiv bearbeitet werden muß, um die Lücken, die sich im Fernmeldeanlagengesetz gezeigt haben, auszufüllen. Hoffentlich wird die Klärung dieser Rechtsfragen dazu beitragen, daß wir eines Tages ein Fernmeldegesetz haben, das den Rundfunkhörern genügenden Schutz bietet.

Man sieht aus diesen wenigen Punkten, welch ungeheure Fülle von Arbeit der „Ausschuß für Rundfunkstörungen“ vorfindet, welche Unzahl von Fragen damit verknüpft sind, die alle ihrer Lösung harren.

Man muß mit Freude und Dankbarkeit begrüßen, daß die Gründung dieses Ausschusses erfolgt ist, und daß die Leitung des Zentralbüros, dem die Hauptarbeit aufgebürdet wird, in den bewährten und verlässlichen Händen des Direktors Wagner liegt.

Der D.F.T.V. und seine Vereine werden getreu ihrer bisherigen Pionierarbeit alles aufbieten, was in ihren Kräften steht, um an der Erreichung des gemeinsam gesteckten Zieles beizutragen.

W. Zerlett.

Einknopfbedienung des Empfängers

Von Dr. Ernst Schramm

Die sogenannten hochwertigen Empfangsgeräte hatten meist den Nachteil, daß ihre Bedienung infolge der vielen notwendigen Einstellungen dem Laien fast unmöglich war. Die Technik befaßte sich deshalb bereits seit geraumer Zeit mit der Frage, wie die Abstimmung eines Gerätes möglichst nur durch einen Drehkopf bewerkstelligt werden könnte. Für den Bastler ist diese Frage von gleicher Wichtigkeit. Auch er wird seinen Stolz in einen Empfänger setzen, der in der Bedienung möglichst einfach ist.

Das nächstliegende Mittel zur Erzielung einer Einknopfbedienung, die verschiedenen Abstimmmittel einfach mechanisch miteinander zu kuppeln, ist ohne weiteres nicht anwendbar, da die verschiedenen Kreise abweichende Abstimmcharakteristiken haben. Zur Überwindung dieser

Schwierigkeit wurden verschiedene Wege beschritten, die aber wegen der hohen, für den Bastler damit verbundenen Kosten für ihn nicht gangbar sind. So wurde z.B. vorgeschlagen, den Kondensatoren der verschiedenen Abstimmkreise einen voneinander verschiedenen Plattenschnitt zu geben, so daß bei Anordnung aller Kondensatoren auf der gleichen Achse sämtliche Abstimmkreise bei Drehung des Drehkopfes über die ganze Skala stets auf die gleiche Wellenlänge abgestimmt sind. Ein weiterer Vorschlag geht dahin, den Abstimmkondensatoren zwar gleichen Plattenschnitt zu geben, ihnen aber Feineinstellkondensatoren parallel zu schalten, deren Umdrehung durch Exzenter geregelt wird, die mit auf der den Hauptkondensatoren gemeinsamen Achse angebracht sind.

Ein gewichtiger Nachteil haftete aber allen auf diese Weise eingerichteten Geräten an, mit dem sich zwar der Amateur, nicht aber der Fabrikant abfinden konnte: die Geräte sind nur für eine bestimmte Antenne geeicht, und es ist daher nur möglich, derartige Empfänger mit einer Rahmenantenne zu benutzen, deren Selbstinduktions- und Kapazitätswerte im wesentlichen von der örtlichen Aufstellung unabhängig sind.

Die Einbeziehung des Antennenkreises ist eine der Hauptschwierigkeiten bei der Einknopfbedienung. Während die Konstanten aller Abstimmkreise durch die zum Bau des Empfängers verwendeten Einzelteile (Spulen und Kondensatoren) festgelegt werden können, sind sie beim Antennenkreise von der in jedem Einzelfalle verschiedenen Lage und Ausbildung der Antennenanlage abhängig. Man müßte deshalb, wenn man die Anwendung komplizierter mechanischer Mittel zur Erzielung der Einknopfbedienung vermeiden will, entweder auf eine Abstimmung des Antennenkreises verzichten, oder der Antennenkreis müßte der einzig abstimmbare in der Schaltung sein. Man hat sich zwar dadurch zu helfen versucht, daß man dem Antennenkondensator einen besonders einstellbaren Ausgleich-Kondensator parallel geschaltet hat; man war damit aber bewußt von der Einknopfbedienung abgewichen.

Die Vermeidung einer Abstimmung des Antennenkreises bedingt die Einführung einer aperiodischen Eingangsstufe.

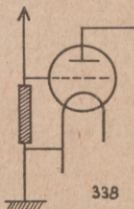


Abb. 1.

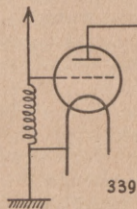


Abb. 2.

Von dieser Stufe müssen also, unabhängig von der Abstimmung des Gerätes, alle Frequenzen gleichmäßig aufgenommen werden. Die erste Röhre darf also im Eingangskreis keine bestimmte Frequenz bevorzugen. Um dieses Ziel zu erreichen, kann man zwischen Antenne und Erde z. B. einen induktionsfreien Widerstand hohen Wertes anordnen (Abb. 1). Eine völlige Aperiodizität des Eingangskreises, und das sei ausdrücklich bemerkt, läßt sich aber nie erzielen.

Auch in der Anordnung, die in Abb. 1 dargestellt ist, hat der Antennenkreis eine Abstimmung, die durch die Eigenkapazität der Antenne und die Selbstinduktion des Antennen- und Zuleitungsdrahtes bestimmt ist. Man kann jedoch die Konstanten der Anlage mühelos so bestimmen, daß die Resonanzfrequenz weit außerhalb des Bereiches der zu empfangenden Frequenzen liegt, und außerdem ist der Antennenkreis durch den hochohmigen Widerstand so stark gedämpft, daß seine Resonanzkurve selbst im Resonanzpunkte einen außerordentlich flachen Verlauf aufweist. Praktisch ist also durch eine Anordnung nach Abb. 1 eine völlige Aperiodizität erzielt. Sogar die Anordnung einer Spule an Stelle des Widerstandes, wie in der Abb. 2 gezeigt, verbürgt noch eine ausreichende Aperiodizität, wenn man nur die Resonanzfrequenz des aus der Spule und der als Kondensator wirkenden Antenne bestehenden Kreises so weit oberhalb oder unterhalb des zu empfangenden Frequenzbereiches verlegt, daß sämtliche Empfangsfrequenzen auf dem einen der fast eben verlaufenden Äste der Resonanzkurven liegen. Unter Umständen kann man hier durch Parallelschaltung eines Kondensators geeigneter Größe nachhelfen, eine Maßnahme, die aber nur in sehr seltenen Fällen erforderlich sein wird.

Diese Anordnung bedingt eine Verminderung der Selektivität des Empfängers, der man durch Erhöhung der Frequenzauswählenden Mittel in den nachfolgenden Stufen des

Empfängers begegnen kann und muß. Man wird also in den weiteren Hochfrequenz-Verstärkerstufen eine Kopplung mittels abgestimmter Transformatoren verwenden. Bei Verwendung elektrisch gleicher Transformatoren können dann die zur Abstimmung benutzten Kondensatoren, wenn sie von gleichem Plattenschnitte sind, mechanisch miteinander gekuppelt werden. Es ist vorteilhaft, in der Gleichrichter-

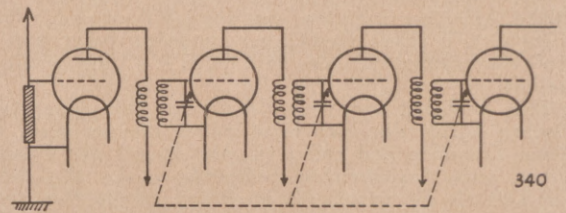


Abb. 3.

stufe eine Rückkopplung zu vermeiden, da deren Änderung stets auf die Abstimmung einen Einfluß ausübt. Ferner ist die Verwendung von Röhren gleichen Typs angebracht, denn die inneren Röhrenkapazitäten gehen mit in die Abstimmung ein. Eine Schaltung dieser Art zeigt die Abb. 3. Statt der Gitterkreise können auch die Anodenkreise abgestimmt werden. Also auch die in Abb. 4 dargestellte Schaltung kann durch einen einzigen Einstellknopf bedient werden.

Eine weitere Schaltung, die sich für Einknopfempfänger eignet, und die sich durch hohe Selektivität auszeichnen soll, ist in der Abb. 5¹⁾ dargestellt. Man hat bei dieser Anordnung den Vorteil, daß bereits die erste Stufe zur Auswahl der Frequenz herangezogen werden kann. Der Empfänger ist als Sekundärempfänger ausgebildet. Die Sekundärseiten der Transformatoren sind überbrückt durch einen auf die zu empfangende Frequenz abstimmbaren Schwingkreis. Dadurch wird erreicht, daß nur die Empfangsfrequenz oder wenigstens diese bevorzugt auf den Gittern der Verstärkerröhren zur Wirkung gelangt. Um eine Beeinflussung der Transformatorwicklungen durch die Schwingkreisspule zu verhindern, erscheint es vorteilhaft, z. B. eine entsprechende Abschirmung vorzunehmen.

Wie bereits ausgeführt, besteht ein weiterer Weg zur Erzielung einer Einknopfbedienung darin, die Schaltung derart auszubilden, daß der Antennenkreis der einzig abstimmbare Kreis der Anordnung ist. Einen diesen Anforderungen genügenden Empfänger erhält man z. B. durch Verwendung einer aperiodischen Hochfrequenzverstärkung. Die widerstands-kapazitäts-gekoppelten Verstärker, von denen die Loewe-Mehrfachröhre eine günstige Ausführungsform darstellt, sowie die unter dem Namen Gleichstrom-Verstärker bekannten Verstärker reiner Widerstandskopplung

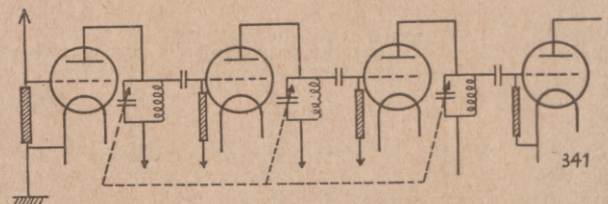


Abb. 4.

sind also zum Aufbau solcher Anordnungen besonders geeignet. Es ist bei dieser Methode zur Erzielung einer Einknopfbedienung aber zu berücksichtigen, daß die erforderliche Selektivität durch einen einzigen Abstimmkreis erzielt werden muß. Die Anwendung eines oder mehrerer fest abgestimmter, wahlweise einschaltbarer Sperrkreise im Antennenkreis ist zu empfehlen. Auch die Entdämpfung des Eingangskreises durch Rückkopplung kann zur Erhöhung der

¹⁾ Amerikanische Patentschrift 1 717 455.

Selektivität herangezogen werden. Ein weiteres Mittel bildet die Verwendung widerstandsarmer Spulen. Bei Verwendung nicht abgestimmter Transformatoren zur Kopplung der Hochfrequenz-Verstärkerstufen ist eine gute Abschirmung der Transformatoren zu empfehlen oder die Verwendung von Spulen, in denen durch äußere Felder keine Spannungen induziert werden können, z. B. Transformatoren

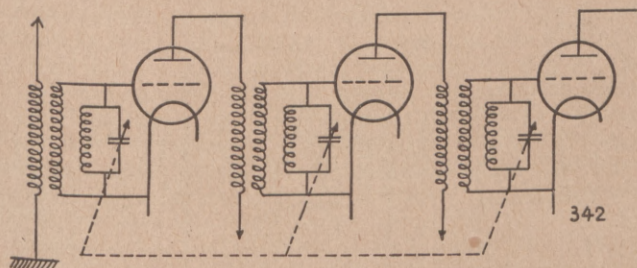


Abb. 5.

nach Art der Achterspulen. Einen solchen Empfänger zeigt z. B. die Abb. 6.

Eine andere interessante Ausbildung eines Einknopfempfängers ist in der Abb. 7²⁾ dargestellt. In den Anodenkreisen der Hochfrequenz-Verstärkerröhren ist eine Reihe von Schwingkreisen in Serie angeordnet, die auf bestimmte Stationen abgestimmt sind. Um bei evtl. Wellenwechsel eine Änderung der Abstimmungen der Schwingkreise zu ermöglichen, kann man billige, in gewissen Grenzen veränderliche Kondensatoren verwenden. Werden die Stationen so ausgewählt, daß sie sich nicht gegenseitig stören, so wird bei Verwendung mehrerer Hochfrequenz-Verstärkerstufen eine ausreichende Selektivität erzielt, ohne daß im Eingangskreis besondere, die Selektivität erhöhende Mittel zur Anwendung gebracht werden.

In jedem Falle ist natürlich Vorsorge zu treffen, daß die Selektivität nicht so weit getrieben wird, daß durch Beschneidung der Seitenbänder eine Verzerrung der Wiedergabe eintritt. Ein bekanntes Mittel zur Verhinderung dieser nachteiligen Wirkung beruht auf der Ausnutzung der Doppelwelligkeit eng gekoppelter Kreise. Koppelt man zwei auf die gleiche Frequenz abgestimmte Kreise, deren jeder die in Abb. 8 durch R_1 dargestellte Kurve aufweist, miteinander, so wird bei sehr loser Kopplung der beiden Kreise das System die gleiche Frequenzabhängigkeit aufweisen wie jeder der Einzelkreise. Je fester aber die Kopplung der beiden Kreise wird, um so weiter werden sich die Resonanzwellen der beiden Kreise voneinander entfernen; durch die Kurven R_2

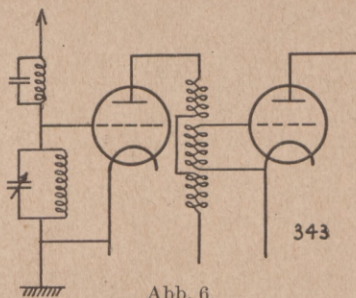


Abb. 6.

und R_3 ist dieser Vorgang dargestellt. Bei geeignetster Kopplung ergibt sich dann eine resultierende Kurve R_4 , die fast rechteckigen Charakter zeigt. Durch entsprechende Wahl des Kopplungsgrades beider Spulen kann man es erreichen, daß eine gleich gute Verstärkung der Trägerfrequenz und der Seitenbandfrequenzen stattfindet, während höhere und niedere Frequenzen so gut wie nicht übertragen werden. Man erzielt also eine hohe Selektivität ohne Beschneidung der Seitenbänder.

²⁾ Französische Patentschrift 661 519.

Bei der praktischen Ausführung verwendet man eine Anordnung der beiden Kreise, wie sie in Abb. 9 dargestellt ist. Die beiden Spulen a sind von gleicher Größe, während die Spule b den Kopplungsgrad der beiden Kreise bestimmt. Die mittlere Resonanzfrequenz ergibt sich aus den beiden Spulen a und b und dem Kondensator c . Da beide Kreise auf die gleiche Frequenz abgestimmt werden müssen, können die beiden Kondensatoren mechanisch miteinander gekuppelt werden, so daß also auch bei dieser Anordnung nur ein Bedienungsknopf erforderlich ist.

Jede der bisher beschriebenen Methoden zur Erzielung einer Einknopfbedienung verlangt besondere Maßnahmen zur Erreichung der erforderlichen Selektivität und Verstärkung. Diese Maßnahmen fallen fort, wenn man sich von der Hochantenne unabhängig macht und eine Rahmenantenne verwendet. Allerdings treten damit auch neue, andere Schwierigkeiten auf. Die Verwendung von Kondensatoren gleicher Kapazitätscharakteristik macht es notwendig, daß die Rahmenantenne die gleiche Selbstinduktion aufweist wie die zur Abstimmung der Kopplungskreise verwendeten Spulen. Das bereitet an und für sich keine Schwierigkeiten, jedoch wird die Eigenkapazität des Rahmens meist von der der Spulen wesentlich verschieden sein. Dieser Umstand bedingt, daß trotz gleicher Selbstinduktion der Spulen und gleicher Kapazität der Kondensatoren die Abstimmung des Antennenkreises sich von der der übrigen Kreise unterscheidet, und zwar besonders bei der Abstimmung auf die kürzeren Wellen. Auf die Abstimmung der

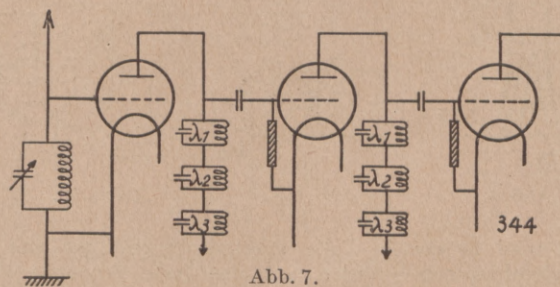


Abb. 7.

einzelnen Kreise wirken außerdem noch die innere Röhrenkapazität, die Leitungs- und Röhrensockelkapazitäten und schließlich bei neutralisierten Verstärkern auch die Neutralisationskapazitäten ein, die jedoch für alle Abstimmkreise im wesentlichen die gleichen Werte haben.

Diese Schaltungskapazitäten — so wollen wir sie kurz nennen — kann man nun dazu benutzen, die Abstimmung der Kreise aufeinander abzugleichen. Bei dem in der Abb. 10 gezeigten Anschluß des Rahmens gehen die Schaltungskapazitäten in dem gleichen Maße wie bei den Kopplungskreisen mit in die Abstimmung ein. Schließt man aber das Gitter der Eingangsrohre nicht an das eine Ende des Rahmens an, so wird der Einfluß der Schaltungskapazitäten um so geringer, je weiter man sich von dem Ende der Rahmenwicklung entfernt. Durch diese Maßnahme kann man also bequem das Mehr der Rahmenkapazität ausgleichen. Voraussetzung für die Anwendung dieser Methode ist aber, daß die Eigenkapazität des Rahmens höher ist als die der Kopplungsspulen. Ein neutralisierter Empfänger, bei dem das zuletzt geschilderte Prinzip zur Anwendung gebracht ist, ist in der Abb. 11³⁾ dargestellt.

Die bisher gemachten Ausführungen beziehen sich auf Empfänger mit mehrstufiger Hochfrequenzverstärkung. Die Verhältnisse gestalten sich noch schwieriger bei Überlagerungsempfängern, bei denen noch ein weiterer Abstimmungskreis hinzukommt. Bei Überlagerungsempfängern mit vor der Überlagerung stattfindender mehrfacher Hochfrequenzverstärkung oder bei solchen mehrfacher Frequenztransponierung ist eine Einknopfbedienung ohne Anwendung der den oben erwähnten ähnlichen mechanischen Mittel sinnlos

³⁾ Amerikanische Patentschrift 1 721 520.

oder gänzlich unmöglich. Selbst bei einfacher Frequenzwandlung ohne mehrfache Hochfrequenzverstärkung sind Kreise drei verschiedener Abstimmungen vorhanden, nämlich der Antennenkreis, der Oszillatorkreis und die auf gleiche Frequenz abgestimmten Zwischenfrequenz-Verstärkerkreise.

Es bieten sich hier im wesentlichen drei Wege zur Erzielung einer Einknopfbedienung, wenn man von dem Prinzip ausgeht, nur Kreise gleicher Abstimmung gemeinsam abzustimmen. Als erster sei der Fall besprochen, bei dem nur der Antennenkreis abstimmbar ist. In diesem Falle sind alle die oben für den entsprechenden Fall des Empfängers mit Hochfrequenzverstärkung gemachten Ausführungen zu beachten. Es ist also, da der Antennenkreis der einzige für die Frequenzauswahl in Frage kommende ist, auf Erhöhung der Selektivität bei eventl. rechteckiger Verbreiterung der Resonanzkurve zu achten. Der Oszillator wird auf eine feste Frequenz abgestimmt. Die Kopplung zwischen der Mischröhre und den Zwischenfrequenz-Verstärkerröhren ist aperiodisch zu gestalten. Zur Steigerung der Selektivität kann man auch hier im Anodenkreis der Zwischenfrequenz-Verstärkerröhren entsprechend der in Abb. 7 dargestellten Anordnung mehrere auf bestimmte Frequenzen (d. h. den Wellenlängen bestimmter Stationen entsprechende Zwischenfrequenzen) abstimmen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Oszillatorkreis als einzigen abstimmbar zu machen. Der Eingangs-

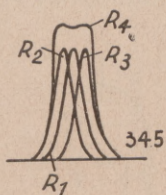


Abb. 8.

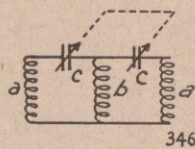


Abb. 9.

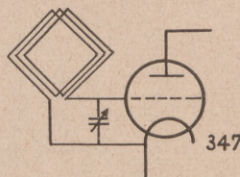


Abb. 10.

kreis wird in diesem Falle aperiodisch gestaltet und der Zwischenfrequenzverstärker auf eine feste Frequenz abgestimmt. Besondere Mittel zur Steigerung der Selektivität brauchen hier nicht angewendet zu werden, da die Zwischenfrequenz-Verstärkerstufen zur Erzeugung einer ausreichenden Frequenzauswahl genügen.

Schließlich kann man auch bei aperiodischem Eingangs-kreis den Oszillator auf eine feste Frequenz abstimmen und die Kopplungskreise der Zwischenfrequenz-Verstärkerstufen abstimmbar machen. Die Kondensatoren der Kopplungskreise können hier mechanisch miteinander gekuppelt werden.

Zum Schluß sei noch eine Überlagerungsempfängerschaltung in Erwähnung gebracht, bei der es durch die Verwendung von zwei örtlichen Schwingungserzeugern ermöglicht wird, alle veränderlichen Kreise, also den Antennenkreis, die Oszillatorkreise und die Zwischenfrequenzkreise gemeinsam durch Betätigung nur eines Drehknopfes abzustimmen. Die Schaltung zeigt Abb. 12. O_1 und O_2 sind die beiden Oszillatoren. Von diesen wird der eine O_1 auf die Empfangsfrequenz, also auf die gleiche Frequenz wie der Eingangskreis abgestimmt. Wegen der veränderlichen Antennenkapazität sind natürlich besondere Maßnahmen erforderlich, um die Abstimmung der beiden Kreise aufeinander abzugleichen. Man kann z. B. eine Rahmenantenne verwenden und durch Anschluß des Gitters der ersten Röhre an eine Anzapfung des Rahmens entsprechend der Abb. 11 die Kapazität der beiden Kreise aufeinander abgleichen. Man kann auch, und diese Methode erscheint wesentlich vorteilhafter, in den Abstimmkreis des Oszillators O_1 eine der Antennenkapazität entsprechende Kapazität C_a mit dem Abstimmkondensator in Serie legen. Für diese Kapazität wählt man einen veränderlichen Kondensator, der bei Änderung der Antenne einmalig auf den ent-

sprechenden Wert eingestellt wird und dann auf dem Werte stehen bleibt. Der Abstimmkreis des Oszillators O_2 erhält die gleichen Elemente (Selbstinduktion und Kapazität) wie die Zwischenfrequenzkreise, ist also stets auf die gleiche Frequenz wie diese abgestimmt. Im Eingangskreise der Gleichrichterröhre Gl_1 erhält man also eine Überlagerung der aufgenommenen Frequenz f_1 mit der durch den Oszilla-

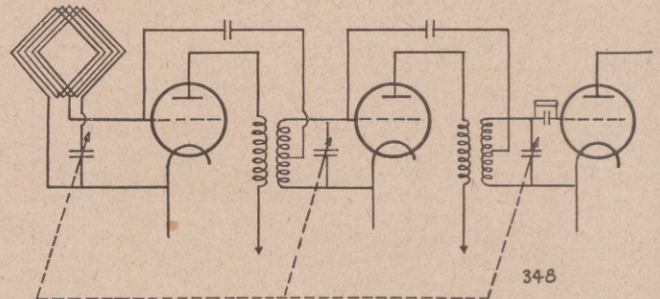


Abb. 11.

tor O_2 erzeugten Frequenz f_2 . Durch die Gleichrichtung in der Röhre Gl_1 erhält man im Anodenkreis der Röhre sowohl die Summenfrequenz $f_1 + f_2$ als auch die Differenzfrequenz $f_1 - f_2$. Eine dieser Frequenzen wird überlagert mit der von dem Oszillator O_1 gelieferten Frequenz f_1 . Durch die Gleichrichtung in der Röhre Gl_2 entsteht dann im Anodenkreis dieser Röhre die Frequenz f_2 , auf die die Kopplungskreise für die folgenden Stufen abgestimmt sind. Es ist also völlig gleichgültig, wie sich die Frequenz f_1 im Vergleich mit der Frequenz f_2 ändert, denn die Zwischenfrequenz wird lediglich durch den Oszillator O_2 bestimmt und die Kopplungskreise der Zwischenfrequenz-Verstärkerstufen sind ja stets auf die gleiche Frequenz abgestimmt wie der frequenzbestimmende Kreis dieses Oszillators. Es können also bei dieser Schaltung die Kondensatoren sämtlicher Abstimmkreise mechanisch miteinander gekuppelt werden.

Man erkennt leicht, daß man bei dieser Schaltung eine weitere Vereinfachung dadurch erzielen kann, daß man den Oszillatorkreis O_2 und die Zwischenfrequenzkreise auf eine feste Frequenz abgestimmt hält. In diesem Falle sind also überhaupt nur zwei Kondensatoren (Antenne und Oszillator O_1) einzustellen.

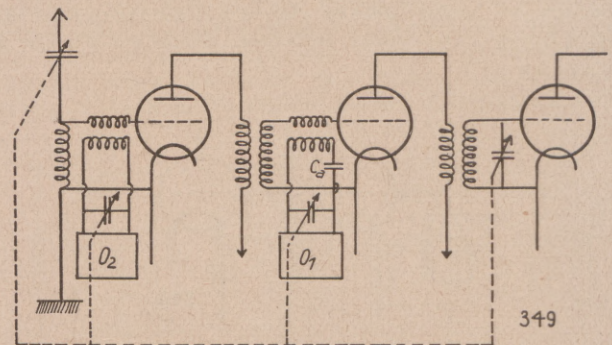


Abb. 12.

Man sieht aus diesen Ausführungen, daß es zur Erzielung einer Einknopfbedienung nicht immer notwendig ist, durch komplizierte mechanische Kupplung den Kondensatoren verschiedene Winkelgeschwindigkeiten zu erteilen, oder die Abgleichung der einzelnen Kreise dadurch vorzunehmen, daß man den einzelnen Kondensatoren durch entsprechende Wahl des Plattenschnittes verschiedene Kapazitätscharakteristik gibt. Man kann in erheblich einfacherer Weise das gleiche Ziel durch Wahl einer geeigneten Schaltung erreichen.

Kurzwellenempfänger mit Armstrongspule

Im Bastelpreisausschreiben der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft preisgekröntes Gerät

Von

Friedrich Nittura

Die im Preisausschreiben der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft gestellte Aufgabe, ein Kurzwellengerät mit Kunstschaltung und nur drei Röhren zu bauen, war schon aus dem Grunde nicht einfach zu lösen, weil eine Vereinigung der Pendelrückkopplung mit dem Audion ungünstige Resultate ergab. Nachdem ich den Empfänger mehrmals umgebaut hatte und Versuche mit vollständig abgeschirmten Zylinder spulen infolge großer Dämpfungserscheinungen mißlungen waren, kam als Schlußresultat das nachstehend beschriebene Gerät zustande.

Wie aus dem Schaltschema Abb. 1 hervorgeht, benutzt der Empfänger im Prinzip die gleiche Schaltung, wie sie von Dr. Busse-Jena für ultrakurze Wellen angegeben worden ist¹⁾. Ich habe versucht, diese Schaltung für kurze Wellen umzubauen und durch kleine Ausmaße, gedrängten Aufbau sowie kurze Leitungen das Beste herauszuholen. Der Empfänger hat folgende Größen: Grundbrett (Sperrholzplatte auf Gummifüßchen) 25 × 21 cm, Frontplatte (ohne

lichen Spule. Von dem dritten, äußeren Stecker führt man den Mittelabzweig auf dem kürzesten Wege der Spule zu.

Die Spulensockel sind mit zwei Hartgummiröhrchen und besonders langen Montageschrauben auf der Grundplatte befestigt. Sie bestehen aus Isoliermaterial mit drei eingelassenen Buchsen, entsprechend den drei Steckern der Spule. Lötungen werden nach Möglichkeit vermieden. Der Halter für die Antennenspule ist aus Hartgummi und wird mit einem Messingwinkel auf dem Grundbrett befestigt. Die beiden Buchsen für Antenne und Erde werden am Lötende angefeilt und zwei weitere Buchsen im rechten Winkel aufgelötet.

Die Empfindlichkeit der Schaltung ist so groß, daß auch ohne eingesteckte Antennenspule, lediglich durch die induktive Kopplung der Buchsenmetallteile, Zeichen aufgenommen werden können, sofern Antenne bzw. Erde angeschlossen sind.

Auf der Frontplatte sind die beiden Abstimmskalen der Kurzwellen-Drehkondensatoren angeordnet. Der Dreh-

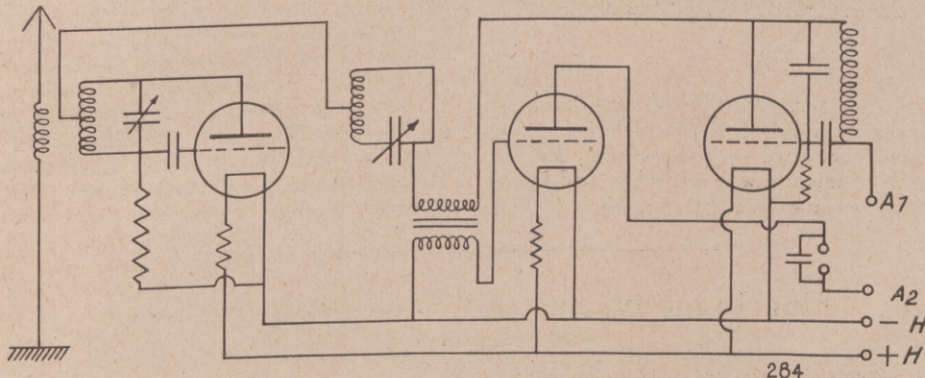


Abb. 1.

Abschirmung) 16 × 21 cm. Eine Abschirmung in Form einer Aluminiumplatte war ursprünglich vorgesehen und ausprobiert; bei dem endgültigen Aufbau wurde sie dann aber durch die Anordnung der Kurzwellen-Drehkondensatoren, 8 cm bzw. 4,5 cm von der Frontplatte, überflüssig.

Das Gerät besteht aus der Empfangsröhre, die als Audion geschaltet ist, dem Anodensperrkreis, dem Pendelkreis und einer Stufe Niederfrequenz-Transformatorverstärkung. Die Antennenspule hat auswechselbare Spulen (etwa 1—4 Windungen). Sie wirkt induktiv auf die Gitterspule. Gitterspule und Anodensperrkreisspule sind in der Mitte angezapft. Die Gitterspule hatte stets etwa 2 Windungen mehr als die Sperrkreisspule.

Die besten Resultate ergaben Spulen aus 1,5 mm ver-silbertem Kupferdraht, den man sich für die Selbstanfertigung zweckmäßig in Form einer fertigen freitragenden Spule besorgt. Die erforderlichen Windungen werden unter geringer Zugabe der für die Montage nötigen Enden abgeknipt.

Ferner wird Hartgummirohr benötigt, von welchem man drei Stückchen in etwa Spulenbreite abschneidet. In diese Hartgummiröhrchen werden 2 mm-Löcher gebohrt.

Nunmehr erfolgt die Aufbringung der Röhrchen auf die Windungen. Das Durchziehen des Drahtes macht zuerst einige Schwierigkeit, ist aber nach kurzer Übung bald erlernt. Die Spule wird auf ein Hartgummileistchen montiert, in dem zuvor drei Stecker mit Gewinde und Doppelmuttern befestigt worden sind. Zwei Stecker gehören zur eigent-

kondensator des Gitterkreises besitzt eine Feinstellskala. Oben links liegen die Telephonbuchsen und über den Skalen die beiden Heizwiderstände. Es sind Walzenwiderstände der Firma Schaub, Charlottenburg. Das Audion erhielt einen besonderen Widerstand.

Eine Verbesserung ließe sich hier noch durch Parallelschalten eines Potentiometers (1000 Ohm) für die Feinstellung erzielen. Der zweite Heizwiderstand ist für den Pendelkreis und die Verstärkerröhre bestimmt.

Von der Montage eines Ein- und Ausschalters wurde zunächst Abstand genommen, um mit möglichst wenig Leitungen auszukommen. Der Minuspol der Anodenbatterie wurde außerhalb des Gerätes mit dem Minuspol der Heizleitung verbunden. Um die Verbindung der Mittelabzweigungen des Gitter- und des Pendelkreises möglichst kurz zu halten, wurde der Niederfrequenztransformator auf einer Brücke montiert und die Leitung unten hindurch geführt. Die zuerst beabsichtigte Befestigung des Audionsockels unmittelbar auf dem Gitterkreiskondensator (die Röhre in liegender Form) erwies sich aus Platzmangel als unbrauchbar.

Besonderes Augenmerk beansprucht der Pendelkreis (Armstrongkreis). Er besteht aus einer Wabenspule von 1500 Windungen, zwei Blockkondensatoren von 2000 cm und einem Hochohmwiderstand von 1 Megohm. Der Kreis liegt in der Anodenleitung des Audions. Die Anodengleichspannung wird durch die hochfrequente Wechselspannung überlagert, und es erfolgt das bekannte rhythmische Ein- und Aussetzen der Schwingungen. Die Regelung der Rückkopplung ergibt sich durch Abstimmung des Sperrkreises

¹⁾ „Funk-Bastler“ 1929, Heft 26, Seite 412.

mit dem Gitterkreis. Die Wabenspule ist behelfsmäßig verwendet worden. Eine Spule von etwa 1750 Windungen 0,2 mm-Draht, Seide, zwischen zwei Hartgummiplatten mit der Maschine gewickelt, ist infolge des kleineren Volumens praktischer.

Der Niederfrequenztransformator ist zwischen Audion und Pendelröhre eingeschaltet, um ihn nicht mit dem Gleich-

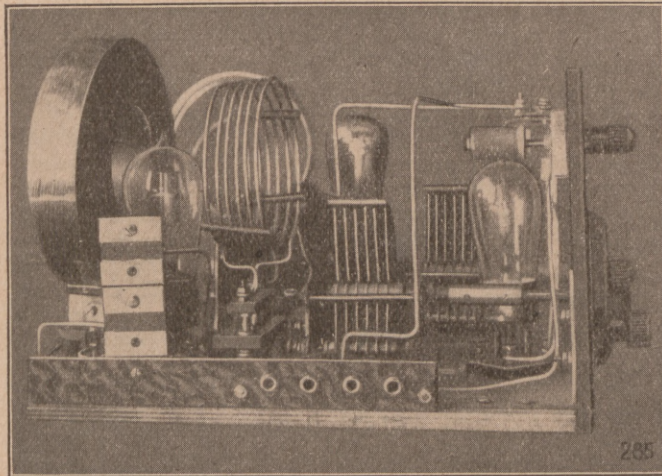


Abb. 2.

strom der letzteren zu belasten. Das Übersetzungsverhältnis des verwendeten Transformators 1:3 läßt sich auch noch durch Einbau eines größeren, etwa 1:9, verbessern. Bei den Versuchen habe ich als Audion eine Valvoröhre und in den beiden anderen Stufen je eine V. T. 107 (sämtlich 2 Volt-

Röhren) verwendet. Soll das Gerät mit 4 Volt-Röhren betrieben werden, so empfiehlt sich für die Endröhre der Einbau einer besonderen Gitterbatterie. Die V. T. 107 benötigt keine Vorspannung, und deshalb liegt der Sekundäranschluß des Transformators an der Minus-Heizleitung.

Liste der Einzelteile.

- 2 Kurzwellendrehkondensatoren (Fabrikat NSF),
 - 1 Blockkondensator 200 bis 300 cm,
 - 2 Blockkondensatoren je 2000 cm (Pendelkreis),
 - 1 Hochohmwiderstand, 2 Megohm (Audion),
 - 1 Hochohmwiderstand, 1 Megohm (Pendelkreis),
 - 2 Heizwiderstände,
 - 3 Röhrensockel (kapazitätsarm!),
 - 1 Feinstellskala für den Gitterkreiskondensator,
 - 1 Skala für den Sperrkreiskondensator,
 - 1 Blockkondensator 5000 cm für das Telephon,
 - 1 Niederfrequenztransformator.
- Ferner Buchsen, Frontplatte und Grundplatte sowie Spulendraht, Schaltdraht und Stecker. Außerdem Hartgummirohr und Montageschrauben.

Zu erwähnen bleibt noch die Anordnung der Drehkondensatoren. Ihre Befestigung erfolgt mit Montageschrauben auf der Grundplatte. Mittels Verbindungsmuffen und Hartgummi- oder Pertinaxrohr werden die Achsen bis zur Frontplatte bzw. Skalenscheibe verlängert. Handkapazität war bei dieser Anordnung nicht festzustellen.

Auf Grund der mit dem Gerät (vgl. auch Abb. 2) vorgenommenen Empfangsversuche kann ich den Nachbau in der angegebenen Form jedoch nicht ohne weiteres empfehlen, da der Superregenerativ- (Armstrong-) Kreis hierdurch ungünstig beeinflusst wird. Dagegen glaube ich, daß bei einer Verteilung der Einzelteile auf einen größeren Raum und bei Berücksichtigung der angegebenen Verbesserungen dieser Nachteil ausgeglichen werden kann.

Eine Induktivitäts- und Kapazitätsmeßbrücke

Berichtigung.

In meiner Arbeit „Eine Induktivitäts- und Kapazitätsmeßbrücke“, „Funk-Bastler“ 1929, Heft 43 und 44, S. 695 bis 696 und 699 bis 702, sind folgende Druckfehler zu berichtigen:

S. 695, rechte Spalte, Fußnote 1). Statt Radio-Handel und -Export 1929 ist zu setzen Helios 35, S. 285, 1929.

S. 696, linke Spalte, Gl. (3) lautet

$$\Theta = \frac{1}{r} - cr;$$

Gl. (4) lautet

$$\frac{1}{c} = r^2;$$

rechte Spalte, Gl. (7) lautet

$$a_2 + j b_2 = r_2 / (1 + j \omega C_2);$$

Gl. (15) Zähler der linken Gleichungsseite lautet

$$r_1 (1 + j \omega \Theta_1) (1 + j \omega C_x r_4);$$

eine Zeile tiefer muß es heißen

$$\lg \delta_2 = \frac{1}{\omega C_2};$$

Fußnote 4) l_s = Selbstinduktion des Zusatzwiderstandes ...

S. 700, linke Spalte, letzte Zeile: Kapazitätskennlinie, Fußnote 4) Zeitschrift für Fernmeldetechnik, I. c.

S. 701, linke Spalte, 13. Zeile: Gleichung (4). Fußnote 7) Vgl. S. 696.

S. 702, linke Spalte, 5. Zeile: Normalen; rechte Spalte, 4. Zeile: Korrektion l_s .

Zu Abb. 4. Das Kondensatorgehäuse ist mit dem am Transformator liegenden Brückeneckpunkt D (Bezeichnung fehlt in Abb. 4) verbunden zu denken!

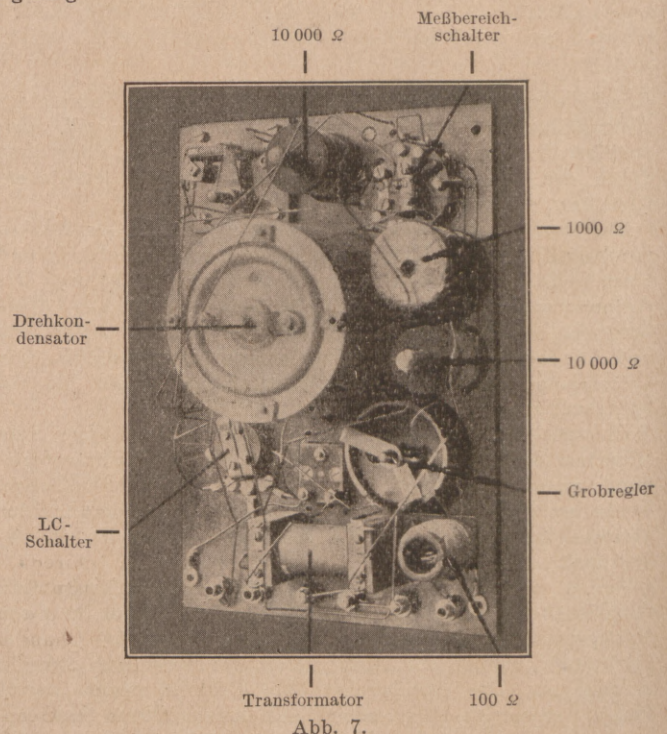


Abb. 7.

In Abb. 8 ist die rechte Begrenzungslinie des Spulenkörpers nach oben nicht bis an den Zuführungsdraht durchgeführt zu denken!

Dr. Zickner.

Das elektrische Kurzwellenfeld in der Medizin

Induktive elektrothermische Einwirkung auf tiefliegende Organe und Krankheitserreger

Von

Privatdozent Dr. med. Erwin Schliephake

Assistent der Universitätsklinik Jena

Die Verwendung des elektrischen Hochfrequenzfeldes hat eine neue medizinische Anwendungsweise höchstfrequenter elektrischer Schwingungen gebracht. Der zu behandelnde Körper braucht in keinerlei Kontakt mit irgendwelchen Elektroden zu stehen, wie dies bei den bisher üblichen Verfahren der Fall ist. Die Wirkung kann besonders bei Verwendung der Esaschen Schwingungskreise beliebig dosiert werden und trifft vor allen Dingen die tiefliegenden inneren Organe ebenso stark, ja bei geeigneter Anordnung noch stärker als die Oberfläche, und kann unter Umständen bedeutende Veränderungen hervorrufen. Ferner ist jeder überhaupt im Bereich des Feldes befindliche Gegenstand der Wirkung ausgesetzt; im Gegensatz zum Diathermiestrom, der sich an die Organe geringsten Widerstandes hält und dadurch oft von anderen Organen abgelenkt wird, ist das elektrische Feld von allen derartigen Faktoren, wie sie z. B. in den verschiedenen Widerständen der einzelnen Organe und ihren Übergangswiderständen liegen, weitgehend unabhängig. Eine kurze Besprechung der bisher in der Heilkunde üblichen Hochfrequenzgeräte wird diese Unterschiede deut-

apparaten jedoch kaum eine Rolle spielen. Dagegen lassen sich im Strahlungsbereich mancher Hochfrequenzapparate Arsonvalschen Systems bei geeigneter Elektrodenanordnung Wellen bis herunter zu etwa 40 m Länge, allerdings mit verschwindend kleinen Energien, mittels Lechersystems nachweisen.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß die beruhigende Wirkung auf Nervenschmerzen, die bei der Behandlung mit derartigen Apparaten oft angegeben wird, auf einer spezifischen Wirkung besonders hoher Frequenzen auf das Nervensystem beruht, wie ich sie auch am Kurzwellensender beobachtet

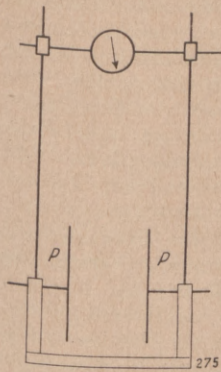


Abb. 1.

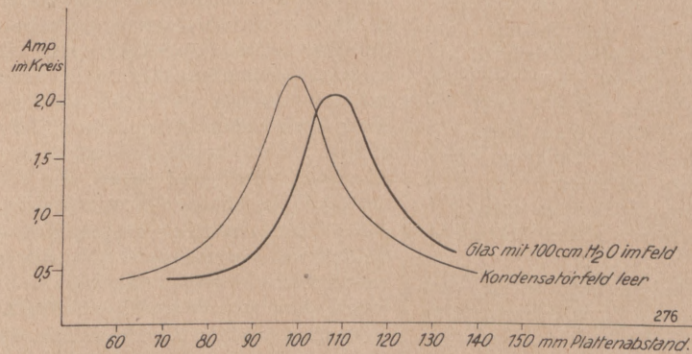


Abb. 2. Resonanzkurve des geschlossenen Schwingungskreises mit Luft als Dielektrikum und mit 100 ccm Wasser im Feld bei Änderung des Plattenabstandes.

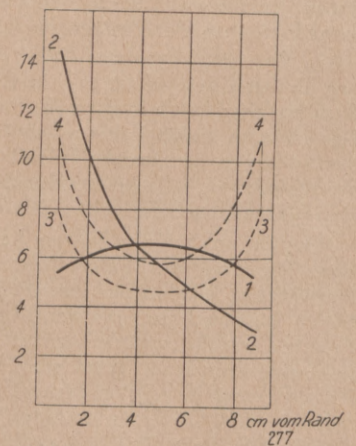


Abb. 3. Wärmeverteilung im Brotmodell zwischen den Kondensatorplatten.

1. Abstand der Platten beiderseits 2 cm von der Seitenfläche. 2. Linke Platte zum Kontakt gebracht. 3. Diathermie (Kontakt beiderseits). 4. Desgl. unter Zurechnung der während des Versuches abgestrahlten Wärme.

lich machen. Die gebräuchlichsten Anwendungsweisen sind die Diathermie und die sogenannte Hochfrequenzbehandlung nach dem Arsonvalschen System.

Während bei der Diathermie verhältnismäßig geringe Spannungen bei Stromstärken bis zu 2 bis 3 Amp benutzt werden, arbeitet die Hochfrequenztherapie mit hohen Spannungen und kleinen Stromstärken. Bei beiden Verfahren werden die Schwingungen meistens durch Funkenstrecken und Stoßkreis hervorgebracht. Ihre hervorstechendste Wirkung ist die Erwärmung der betroffenen Körperteile, wie es bei der Diathermie schon der Name ausdrückt. Bei ihr ist, entsprechend den großen Stromleistungen, mit denen die Apparate arbeiten, die erzeugte Wärmemenge im Körper sehr groß; über die Verteilung der Energie werde ich mich weiter unten verbreiten.

Bei den viel kleineren und einfacheren Hochfrequenzheilapparaten ist selbstverständlich die Stromleistung viel geringer, aber bei paarweise gegenüberliegender Anordnung der Elektroden, wie sie neuerdings z. B. zur Behandlung der Rachen- und Halsorgane verwendet wird, kann doch eine kräftige lokale Tiefenwirkung erzielt werden.

Die Frequenz liegt bei allen bisher verwandten Geräten in der Größenordnung von 10^6 Hertz, entspricht also einer Wellenlänge von rund 300 m. Neben der Grundschiwingung entstehen immer Oberschwingungen von höherer Frequenz, die bei den modernen, genau arbeitenden Diathermie-

habe. Diese Annahme wird gestützt durch die Beobachtung von Müller und Stieböck, die eine beruhigende Wirkung höchstfrequenter Schwingungen geringer Energie bei Neuralgien beschrieben haben. Die genannten Forscher haben zur Schwingungserzeugung Röhrenapparate benutzt, bei denen eine Änderung der Frequenz in weiten Grenzen möglich ist. Auch dabei kommen nur sehr geringe Leistungen zur Verwendung, die dem Körper wie bei den bisher üblichen Verfahren durch Kontaktelektroden zugeleitet werden.

Die Herstellung höchstfrequenter elektrischer Schwingungen und damit ultrakurzer Wellen mit Kilowattleistung ist erst durch die von Esau angegebenen Schaltungen möglich geworden. Die Schaltung benutzt allein die innere Kapazität der Röhre und die innere Rückkopplung, die durch geeignete Abstimmung der Anodendrosseln auf die günstigsten Werte gebracht wird.

Eine Beeinflussung von Lebewesen und sonstigen organischen Objekten kann von einem solchen Sender aus auf verschiedene Weise zustande kommen. Erstens durch die freie Ausstrahlung von Antennen, zweitens durch das im Inneren von Spulen herrschende elektromagnetische Feld und drittens durch das elektrische Feld zwischen den Platten eines Kondensators.

Da sich die letztere Methode als die brauchbarste für meine Zwecke erwiesen hat, sei sie zunächst besprochen.

Die starke Tiefenwirkung auf innere Organe, wie wir sie

jetzt erreichen können, ist nur möglich geworden durch die Verwendung geschlossener Schwingungskreise in der Esauischen Anordnung (Abb. 1). Wie alle Schwingungskreise enthalten sie Selbstinduktion und Kapazität und können durch Veränderung dieser beiden Werte auf eine bestimmte Welle abgestimmt werden. Die veränderliche Selbstinduktion besteht in einem Drahtkreis, dessen oberer wagerechter Teil eine Verschiebung auf den Seitenteilen und damit eine Änderung der wirksamen Drahtlängen zuläßt. Die Kapazität wird durch die beiden Platten P dargestellt, die ebenfalls gegeneinander verschieblich sind. Auf diese Weise wird der Sekundärkreis auf den Sender abgestimmt. Wird nun das Objekt zwischen die beiden Platten gebracht, so bildet es zum Teil das Dielektrikum des Kondensators. Die Kapazität, die außer von Größe und Abstand der Platten auch von der Dielektrizitätskonstante abhängt, wird durch den eingeschobenen Gegenstand stark verändert, wie sich aus dem Rückgang des vom Amperemeter gezeigten Stromes erkennen läßt. Um wieder Resonanz zu erhalten, muß also durch Verringerung der Selbstinduktion oder durch Auseinanderrücken der Platten nachgestimmt werden.

Die Resonanzkurve des Sekundärkreises wird aber durch das Dielektrikum nicht nur in ihrer Lage verschoben, sondern sie wird auch in ihrer Form stark abgeflacht. (Abb. 2.) Das ist eine Folge der vermehrten Dämpfung im Kreis, die ebenfalls von der Beschaffenheit des Dielektrikums abhängt. Verschiedene Stoffe im Kondensatorfeld haben ihre ganz bestimmten charakteristischen Dämpfungskurven.

Wichtig zur Erzielung guter Leistungen ist ferner die richtige Kopplung des Sekundärkreises mit dem Sender. Bei Annäherung des Kreises aus größerer Entfernung wächst der Strom zunächst an, um bei Überschreitung eines gewissen Punktes wieder zurückzugehen. An dieser Stelle liegt die kritische Kopplung. Wird sie überschritten, dann kann die Rückwirkung des Sekundärkreises auf den Sender so stark werden, daß die Schwingungen völlig abreißen. Man wird den besten Wert für die Kopplung im allgemeinen empirisch feststellen, um die besten Stromwerte im Sekundärkreis zu bekommen.

Ehe ich auf meine Versuchsergebnisse mit diesem Verfahren näher eingehe, komme ich auf die direkte Einwirkung der vom Sender ausgehenden Raumwellen auf den Menschen zurück. Allerdings ist man hier hauptsächlich auf subjektive Beobachtungen der beteiligten Personen angewiesen, da die Erscheinungen meist nervöse Funktionen betreffen und einem objektiven Nachweis nur sehr schwer zugänglich sind.

So zeigten sich bei Personen, die längere Zeit in der Nähe starker Sender beschäftigt waren, bald die verschiedensten Beschwerden. Besonders wurde über Hitzewallungen nach dem Kopf und Kopfschmerzen geklagt. Es trat ferner eine starke Schlafsucht auf; nach länger fortgesetzten Versuchsreihen zeigte sich eine zunehmende nervöse Erschöpfung, die sich in leichter Erregbarkeit, schlechtem Schlaf und Mattigkeit äußerte. Besonders betont sei dabei, daß schon nach ganz kurzem Aussetzen der Versuche alle Beschwerden vollständig wieder zurückgingen.

Bei manchen Personen wurde ferner nach längerem Aufenthalt in großer Nähe des tätigen Senders eine geringe Temperatursteigerung um 0,5 bis 0,7 Grad nachgewiesen. Von einem „Radiofieber“ zu sprechen, erscheint mir aber durchaus unberechtigt. Höhere Temperaturen als 38 Grad im Alter wurden nie beobachtet. Auch wenn die von der Antenne ausgehende Strahlung in der Brennpunktlinie von Hohlspiegeln zusammengefaßt wurde, konnten höhere Wärmegrade nie erreicht werden.

Im Spulenfeld wurden nur wenige Versuche gemacht; es zeigte sich bald, daß die Einwirkung auf organische Substanzen und Elektrolyte nur sehr gering war, im Gegensatz zu Metallen, die sich im Spulenfeld bis zur Glut erhitzten. Zur wirksamen Behandlung von Menschen mit so hohen Frequenzen kamen Spulen außerdem schon von vornherein wegen ihrer hohen Selbstinduktion nicht in Frage.

So war es verständlich, daß ich dem elektrischen Feld zwischen den Kondensatorplatten meine ganze Aufmerksamkeit zuwandte. Die starke Wirksamkeit dieser Anordnung auf Organismen ließ sich schon dadurch zeigen, daß Insekten in kürzester Zeit, oft schon in Bruchteilen einer Sekunde, zugrunde gingen; Mäuse starben nach einigen Sekunden, größere Tiere blieben entsprechend länger am Leben. Dabei trat meist im Anfang der Behandlung eine starke Erregung und Schreckhaftigkeit auf. Atmung und Herztätigkeit wurden außerordentlich rasch, und schließlich stellte sich ein Zustand der Lähmung ein, bei dem die Tiere vollkommen erschlaft waren und kaum mehr reagierten. Die Fiebermessungen ergaben kurz nach der Ausschaltung des Feldes eine sehr starke Steigerung der Körperwärme, Temperaturen von 43 Grad waren nicht selten.

Daß die Wärmewirkung eine große Rolle spielt, ging ferner aus Versuchen an organischen Substanzen hervor. Gras und Blätter fingen im elektrischen Feld nach einiger Zeit an zu verkohlen, Brotteig konnte gebacken werden. Dagegen war in guten Isolatoren, wie in Öl, den meisten Glassorten und vor allem in Quarz die Erwärmung kaum merklich, ebenso in Metallen, obwohl diese sich in Spulenfeldern durch die dort herrschenden Wirbelströme außerordentlich stark zu erwärmen pflegen. Demgemäß kann man selbst empfindliche Thermometer, vorausgesetzt daß sie aus geeigneten Glassorten bestehen, längere Zeit in starke Kondensatorfelder bringen, ohne daß die Quecksilbersäule ansteigt.

Als Träger der Energieumwandlung in den organischen Substanzen kommen also nur die Kolloide und Elektrolyte in Frage. Da salzfreie organische Emulsionskolloide, wie Gelatine oder Agar-Agar, sich im Kondensatorfeld nur langsam erwärmten, wandte ich mein Augenmerk den Elektrolyten zu, und es ergab sich nun, daß die Erwärmung einer bestimmten Menge einer Elektrolytlösung in der Zeiteinheit außer von der Feldstärke von der Frequenz abhängig ist. Sehr wichtig ist ferner die Abhängigkeit der Wärmeumwandlung von der Konzentration der Lösungen.

Ich konnte nämlich zeigen, daß — gleiche Frequenz und Feldstärke vorausgesetzt — die Erwärmung verschieden verdünnter Lösungen verschieden groß ist; für Kochsalz ergab sich zum Beispiel ein Maximum bei einer 0,5 v. H.-Lösung, also einer Konzentration, die der im Blut herrschenden ungefähr entspricht. Sowohl bei stärkeren Verdünnungen als auch bei höheren Konzentrationen nahm die Wärmewirkung wieder ab. Das hier für Kochsalz Gesagte gilt aber nur für eine Wellenlänge von 3 m; bei Verwendung anderer Frequenzen liegt das Maximum bei andern Salzkonzentrationen. Nur sehr wenig erwärmt sich destilliertes Wasser, sehr stark dagegen Blut. Diese Untersuchungen, deren Verfolgung für mich als Mediziner zu weit geführt hätte, werden im Technisch-physikalischen Institut Jena fortgesetzt. Ihre große Wichtigkeit beruht darin, daß sich voraussichtlich auch ganz bestimmte Beziehungen zwischen Frequenz und Erwärmung einzelner Körpersubstanzen ergeben werden.

Zu erwähnen ist noch, daß sich Suspensionskolloide vollkommen anders als Emulsionskolloide verhalten, indem sie sich bei bestimmten Wellenlängen sehr stark erwärmen, während z. B. Gelatine und Agar-Agar nur sehr schwach reagieren.

Den Arzt interessiert viel mehr das spezifische Verhalten einzelner Körpersubstanzen im elektrischen Feld. Versuche, die ich in dieser Richtung mit der 3 m-Welle unternommen habe, ergaben eine verschieden starke Erwärmung von gleichen Volumenteilen verschiedener toter Gewebe. An erster Stelle standen Knochen und Leber, dann folgten Fett und Gehirn, schließlich Haut und Muskeln. Diese Verhältnisse sind sehr wichtig, besonders zum Vergleich mit dem bisher üblichen Diathermieverfahren, bei dem Ströme einer Frequenz von 10⁶ Hertz mittels Kontaktelektroden durch den Körper geleitet werden, um eine Erwärmung der vom Strom getroffenen Stellen hervorzurufen. Hierbei erwärmt sich aber gerade das Fett außerordentlich stark (zwölfmal

man die Selbstinduktionen entsprechend reduzieren oder die Parallelkapazitäten vergrößern. Würde man also die Resonanzfrequenz durch Verkleinerung der Selbstinduktionen oberhalb oder durch Vergrößerung der Kapazitäten unterhalb des Hörbereiches legen, so würde die Verstärkung im ersten Falle nach den unteren, im letzteren nach den oberen Frequenzen zu außerordentlich frequenzabhängig. Um eine frequenzunabhängige Verstärkung zu erzielen, muß man also, da man in der Größe der Parallelkapazitäten nach oben begrenzt ist und die Selbstinduktion ebenfalls einen unteren Grenzwert hat, die Parallelresonanz in den Hörbereich legen.

Unseren weiteren Betrachtungen wollen wir nun das Ersatzschema der Abb. 3 zugrunde legen; es bedeutet hier L die resultierende primäre Induktion, die wir, insbesondere für die tiefen Frequenzen, wo wir sie besonders benötigen, mit der Induktion der Primärseite identifizieren können, r berücksichtigt die Verluste, σL_2 ist die Streuinduktivität und C die entsprechende Parallelkapazität.

Die Verstärkung ist uns als das Verhältnis der Gitterwechselspannung an der zweiten Röhre zu der an der ersten Röhre gegeben. Um sie zu finden, stellen wir zunächst nach dem Kirchhoffschen Gesetz die Beziehung für den Anodenstrom auf zu

$$-I_a = \frac{E_a}{j\omega L} + \frac{E_a}{r} + E_a \cdot j\omega C + E_a j\omega C_{ga} (E_a - E_{g1}), \quad (5)$$

dieser ist uns auch gegeben zu

$$I_a = S \cdot E_{g1} + \frac{E_a}{R_i}. \quad (6)$$

Durch Gleichsetzung dieser beiden Formeln unter Berücksichtigung des Vorzeichens ergibt sich nach Division mit E_a

$$-\frac{S \cdot E_{g1}}{E_a} - \frac{1}{R_i} = \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{r} + j\omega C + j\omega C_{ga} \left(1 - \frac{E_{g1}}{E_a}\right). \quad (7)$$

Der Wirkungsgrad der Röhre in dieser Schaltung ist uns dann gegeben zu

$$\mathfrak{B} = -\frac{E_a}{E_{g1}} = \frac{S - j\omega C_{ga}}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{r} + j\omega (C_{ga} + C)} \quad (8)$$

oder, wenn wir berücksichtigen, daß wir bei Niederfrequenz $j\omega C_{ga}$ gegenüber S vernachlässigen können, zu

$$\mathfrak{B} = \frac{S}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{r} + j\omega (C_{ga} + C)} \quad (9)$$

Die Verstärkung ist uns dann gegeben als das Verhältnis $\frac{E_{g2}}{E_{g1}}$ unter Vernachlässigung der Streuinduktivität zu

$$\mathfrak{B} = \frac{E_{g2}}{E_{g1}} = \frac{\ddot{u} \cdot S}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{r} + j\omega (C_{ga} + C)} \quad (10)$$

Da, wie wir oben festgestellt haben, die Verstärkung in den mittleren Frequenzbereichen am größten ist, so ist zu prüfen, welche Bedingungen zu erfüllen sind, um ein unzulässiges Absinken der Verstärkungskurve nach den Grenzfrequenzen zu verhindern.

Wir betrachten zunächst die Verhältnisse bei den hohen Frequenzen. Vernachlässigen wir hierbei wieder die Streuinduktivität, so erhalten wir

$$\mathfrak{B} = \frac{\ddot{u} S}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{r} + j\omega_h (C_{ga} + C)} \quad (11)$$

Da der Wert dieses Ausdrucks im wesentlichen bestimmt wird durch den Ausdruck $j\omega (C_{ga} + C)$, so können wir auch schreiben

$$\mathfrak{B} = \frac{\ddot{u} S}{\frac{1}{R_i} + j\omega_h (C_{ga} + C)} \quad (11a)$$

Um eine unzulässige Senkung der Verstärkungskurve nach hohen Frequenzen zu verhindern, müssen wir fordern, daß

$$\frac{1}{R_i} \gg j\omega (C_{ga} + C)^2. \quad (12)$$

^{a)} Vgl. A. Forstmann und E. Schramm a. a. O.

wobei C gegeben ist zu $C_{ak} + \ddot{u}^2 \cdot C_2 = C_{ak} + \ddot{u}^2$

$$\left[C_{gk2} + C_{ga2} \left(1 + \frac{1}{a} \cdot \frac{|R_{a2}|}{|R_{a2} + R_i|} \cdot [\cos(\varphi_1 - \varphi_a)] \right) \right],$$

d. h. die Parallelkapazitäten im Anodenkreis müssen so klein sein, daß der vornehmlich durch sie bestimmte Scheinwiderstand des Anodenkreises für die höchste zu verstärkende Frequenz noch groß gegenüber dem inneren Röhrenwiderstand ist.

Man wird hier Röhren mit einem nicht zu kleinen Durchmesser verwenden müssen. Es ergibt sich hier ein bereits früher⁴⁾ angegebenes Maximum für das Übersetzungsverhältnis zu

$$\ddot{u}_{\max} = \sqrt{\frac{1}{\omega_h \cdot R \cdot C_2} - \frac{C_{ak}}{C_2}} \quad (13)$$

Diese Verhältnisse werden sich praktisch kaum realisieren lassen. Einmal müßte man Röhren mit ziemlich niedrigem inneren Widerstand und Transformatoren niedrigen Übersetzungsverhältnisses benutzen, und weiterhin wird sich eine Streuung nicht vermeiden lassen, die die ganzen Verhältnisse grundsätzlich verändert. Die Streuung ist bekanntlich dadurch bedingt, daß nicht alle die Primärseite durchsetzenden Kraftlinien auch die Sekundärseite durchsetzen, sondern daß ein Teil davon „verstreut“ wird; hierdurch ist der Kopp-

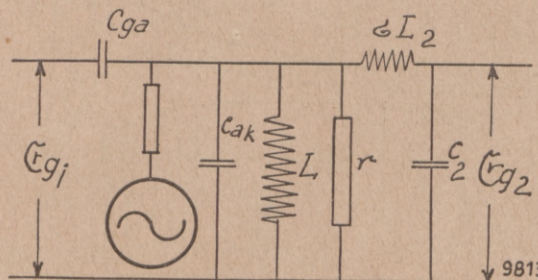


Abb. 3.

lungsfaktor nicht gleich 1, sondern er ist um den Einfluß der Streuung vermindert und gegeben zu

$$k = \sqrt{1 - \sigma}, \quad (14)$$

wobei σ der Streukoeffizient ist. Von der Größe der Streuung ist auch das Übersetzungsverhältnis abhängig, für das sich die Beziehung⁵⁾

$$\ddot{u} = u \cdot \sqrt{\frac{1 - \sigma}{\left[r_a - \omega^2 L_2 C_2 \left(r_a + \frac{r_g}{u^2} \right) \right]^2 + [1 - \sigma \omega^2 L_2 C_2]^2}} \quad (15)$$

ableiten läßt, ein Ausdruck, der bei Vernachlässigung der Wirkwiderstände zu

$$\ddot{u} = u \cdot \sqrt{\frac{1 - \sigma}{(1 - \sigma \omega^2 L_2 C_2)^2}} \quad (15a)$$

wird.

Ist nun die an dem Serienwiderstand $j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C}$ der aus der Streuinduktivität σL_2 und der Kapazität Gitter-Kathode C_2 besteht, liegende Spannung E , so ist die am Kondensator C_2 , also zwischen Gitter und Kathode der folgenden Röhre, liegende Spannung

$$|E_{g2}| = E \cdot \frac{\omega C_2}{1 - \sigma \omega^2 L_2 C_2} \quad (16)$$

Zur Vermeidung linearer Verzerrungen bei den oberen Frequenzen macht man also zweckmäßig

$$\omega_h = \frac{1}{\sqrt{\sigma L_2 C_2}} \quad (17)$$

Durch Verlegung der Serienresonanz von Streuinduktivität und Parallelkapazität auf die obere Grenzfrequenz kann

⁴⁾ A. Forstmann. „Funk-Bastler“ S. 437. 1927.

⁵⁾ Vgl. A. Forstmann und H. Reppisch a. a. O., H. Reppisch a. a. O.

man die Verstärkungskurve nach hohen Frequenzen entweder geradlinig machen oder aber auch zum Ausgleich von außerhalb des Verstärkers oder am Ausgangstransformator auftretenden Frequenzbenachteiligungen durch entsprechende mehr oder weniger große Dämpfung den Verhältnissen entsprechend heben.

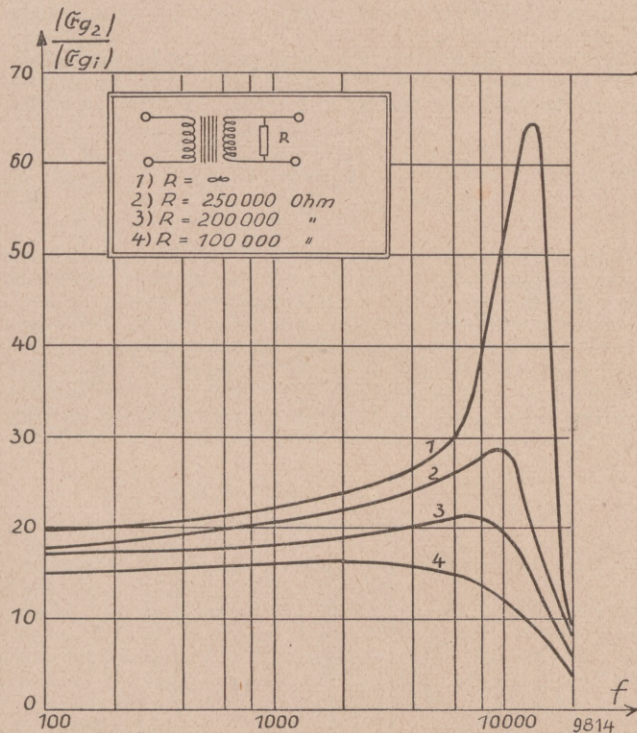


Abb. 4.

Ebenso wie die erste Resonanz, also die Resonanz für den aus L_2 und C_2 bestehenden Kreis, ist also auch die zweite Resonanz, d. h. die für den aus σL_2 und C_2 gebildeten Kreis auftretende, im Hörbereich nicht nur nicht schädlich, sondern besonders letztere ist zur Erzielung einer frequenzunabhängigen Wiedergabe von nicht zu unterschätzendem Vorteil.

Eine Regelung der Höhe der Streuresonanzspitzen, d. h. der größeren Verstärkung, die für die in der Nähe der Streuresonanzfrequenz (vgl. Formel 17) liegenden Frequenzen besteht, erreichen wir, allerdings auch in Verbindung mit einer Verschiebung der Streuresonanzfrequenz, durch Parallelschalten eines Hochohmwiderstandes zur Sekundärseite des Transformators. Dies Mittel erscheint in nicht zu weiten Grenzen sehr vorteilhaft, da man durch diese Regulierungsmöglichkeit den Transformator den jeweiligen Verhältnissen entsprechend anpassen kann; der Transformator wird hierdurch universeller verwendbar.

Den Einfluß der Größe des parallel geschalteten Hochohmwiderstandes zur Sekundärseite auf die Streuresonanzfrequenz und Spitze erkennt man aus den Kurven der Abb. 4. Aus den Kurven ersieht man auch, daß man eine Regulierung der Lautstärke nicht durch einen parallel zur Sekundärseite liegenden Hochohmwiderstand vornehmen soll. Er müßte, um zu wirken, verhältnismäßig niedrig sein und würde so die auf diese Weise bewirkte Amplitudenbegrenzung in recht hohem Maße frequenzabhängig machen, besonders würden auch die hohen Frequenzen sehr stark beeinträchtigt werden. Ebenso läßt sich die größere Verstärkung für die in der Nähe der Streuresonanzfrequenz liegenden Frequenzen durch Verwendung von Widerstandsdraht für die Sekundärwicklung herabsetzen; ist aber der Widerstandsdraht von zu hohem Widerstand, so tritt nur noch die schädliche Wirkung der Parallelkapazitäten in Erscheinung, und die Verstärkungskurve fällt nach hohen Frequenzen zu ab, wie z. B. die Kurve 4 in Abb. 4, d. h. man erhält dann eine Benachteiligung der hohen Frequenzen. Ein hoher Ohmscher Drahtwiderstand wirkt aber wie ein verhältnismäßig niedriger Ohmscher Widerstand parallel zur

Sekundärseite; schließlich ist auch noch der innere Röhrenwiderstand der Vorröhre auf die Höhe der Resonanzspitze von Einfluß.

Bei oberhalb der Streuresonanzfrequenz liegenden Frequenzen fällt die Verstärkungskurve, wie auch aus der Abb. 4 zu erkennen, ziemlich steil ab. Das liegt daran, daß die an dem die Streuresonanz verursachenden Serienwiderstand liegende Spannung oberhalb der Streuresonanzfrequenz in der Hauptsache an der Streuinduktivität liegt und nicht mehr wie vorher am Gitter der Röhre.

Lediglich aus einem Grunde kann eine gewisse Dämpfung des Transformators entweder durch entsprechenden Ohmschen Drahtwiderstand oder durch einen parallel zur Sekundärseite liegenden Hochohmwiderstand erforderlich sein; nämlich dann, wenn im Anodenkreis der Röhre auch ein Transformator oder eine Drossel liegt. In diesem Falle wird nämlich, solange die Belastung induktiv bestimmt ist, im Gitterkreis durch die Wirkung der Röhrenkapazität Gitter—Anode ein zusätzlicher negativer Widerstand geschaffen. Ist nun die Dämpfung des Gitterkreises zu gering, so kann durch diesen zusätzlichen negativen Widerstand der vorhandene positive kompensiert bzw. überkompensiert werden, was zu instabilen Verhältnissen bzw. zum Pfeifen des Verstärkers führen würde. Eine solche Pfeifneigung kann man also beseitigen, wenn man parallel zur Sekundärseite des Gittertransformators einen Hochohmwiderstand schaltet. Dieser soll aber aus den schon oben angegebenen Gründen nur so klein sein, daß die Pfeifneigung gut beseitigt wird.

Bei indirekter Belastung des Anodenkreises ist der Scheinleitwert des Gitterkreises gegeben zu

$$G_g = \frac{1}{r_g} + j\omega(C_{gk} + C_{ga}) - \omega^2 C_{ga} \sigma_A \cdot L. \quad (18)$$

Es tritt also im Gitterkreis eine negative Widerstandskomponente auf, ist diese größer als die vorhandene positive Dämpfung, also

$$\omega^2 C_{ga} \sigma_A L > \frac{1}{r_g} + j\omega(C_{gk} + C_{ga}), \quad (19)$$

so ist die Selbsterregungsbedingung erfüllt; der Verstärker schwingt.

Um stabile Verhältnisse und auch keine Verzerrungen durch zu große Einschwingzeiten zu erhalten, muß

$$\frac{1}{r_g} + j\omega(C_{gk} + C_{ga}) \gg \omega^2 C_{ga} \sigma_A \cdot L \quad (20)$$

sein.

Durch die im vorletzten Absatz und den vorhergehenden geschilderten Verhältnisse ist man auch in der Höhe des

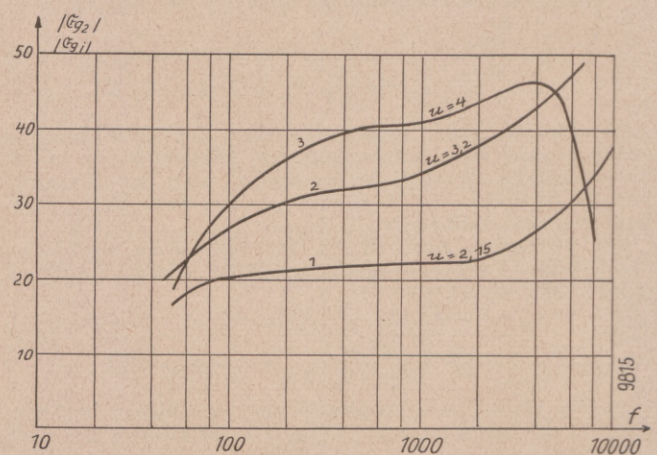


Abb. 5.

Übersetzungsverhältnisses bzw. genauer des Windungsverhältnisses begrenzt. Je größer dies wird, um so größer wird sowohl die Selbstinduktion als auch die Spulenkapazität, wodurch sich die Resonanzfrequenz nach den tieferen Frequenzen zu verschieben würde, was natürlich unter Umständen von Nachteil sein kann. Auch Röhren mit sehr kleinem Durchgriff soll man aus diesem Grunde nicht hinter einem Transformator verwenden.

Diese Verhältnisse sind aus den Kurven der Abb. 5 zu erkennen, das Windungsverhältnis des der Kurve 3 entsprechenden Transformators ist also eigentlich schon zu hoch, der günstigste Transformator ist hier der der Kurve 2 entsprechende mit dem Windungsverhältnis $u = 2,15$.

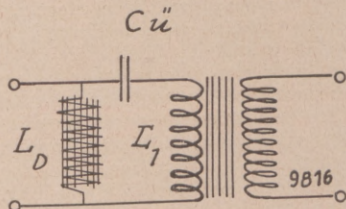


Abb. 6.

Es soll bei dieser Gelegenheit auch noch kurz auf die sogenannte „Anpassung“ eingegangen werden, unter der man allgemein versteht, daß $|u_1| = R_i$, d. h. Eingangswiderstand und innerer Röhrenwiderstand gleichzumachen sind.

Die leider immer wieder zu hörende Behauptung, man müsse in diesem Sinne „anpassen“, ist völlig abwegig.

Um eine möglichst große Verstärkung zu erhalten, muß man nicht $|u_1| = R_i$, sondern $|u_1| \gg R_i$ machen, das gleiche gilt auch, wie ja auch aus obigem im einzelnen hervorgeht, zur Erzielung einer möglichst großen Frequenzunabhängigkeit.

Auch für die frequenzunabhängige Leistungsabgabe ist die „Anpassung“ im allgemeinen am ungünstigsten, man muß hier bei Eingitterröhren ebenfalls $R_a \gg R_i$ machen; man kann bei dieser Dimensionierungsart, wenn man große Gitterwechselspannungen und höhere Anodenbatteriespannungen anwendet, auch wesentlich größere Leistungen als bei kleinen $\frac{R_a}{R_i}$ -Werten erhalten⁶⁾.

Wir wollen uns nun mit der Gestaltung der Verstärkungskurve nach den tiefen Frequenzen zu beschäftigen. Die Verstärkung ist hier im wesentlichen gegeben zu

$$V = \frac{\ddot{u} \cdot S}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 L_1^2}}} \quad (21)$$

Soll die Verstärkungskurve nach tiefen Frequenzen zu nicht abfallen, so ist zu fordern, daß ähnlich wie oben bei den hohen Frequenzen eine Grenzbedingung für R_i und zwar

$$R_i \gg \omega L_1 \quad (22)$$

erfüllt ist, d. h. die primäre Selbstinduktion soll so groß sein, daß der durch sie in seiner Größe bestimmte Widerstand des Anodenkreises für die tiefste zu übertragende Frequenz noch groß gegenüber dem inneren Röhrenwiderstand ist.

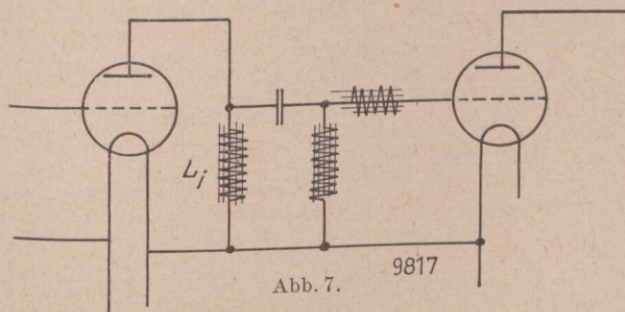


Abb. 7.

Auch der Ohmsche Drahtwiderstand der Primärwicklung spielt hier eine Rolle, bezeichnet man ihn mit R_1 , so ist zu fordern, daß

$$\omega L_1 \gg R_1 \quad (22a)$$

Für die Gestaltung der Frequenzkurve nach tiefen Frequenzen sind — gutes Eisen vorausgesetzt — bestimmend im wesentlichen die Größe der primären Induktivität und die des Ohmschen Widerstandes der Primärwicklung.

⁶⁾ A. Forstmann u. H. Reppisch a. a. O., S. 350.

Da man die untere Grenzfrequenz im allgemeinen, um eine amplitudenproportionale Wiedergabe der tiefen Töne zu erhalten, recht niedrig legen muß, so wird sich diese Bedingung, besonders auch unter Berücksichtigung der Vormagnetisierung des Transformators, nur sehr schwer erfüllen lassen.

Aber auch hier bringt uns die „so schädliche“ Resonanz ebenso wie bei den hohen Frequenzen wieder große Vorteile. Wenden wir die Schaltung der Abb. 6 an, legen wir also in den Anodenkreis der Röhre eine hochinduktive Drossel und schließen den Transformator über einen Kondensator an, so ist die Verstärkung für diese Frequenz gegeben zu

$$V = \frac{\ddot{u} \cdot S}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 L_1^2}}} \cdot \frac{\omega^2 L_1 C_{\ddot{u}}}{\omega^2 L_1 C_{\ddot{u}} - 1} \quad (23)$$

Sorgt man nun weiter dafür, daß

$$\omega L_1 > R_i < \omega L_D \quad (24)$$

d. h. daß der innere Röhrenwiderstand kleiner ist als der Scheinwiderstand von Drossel und Transformator für die tiefste zu übertragende Frequenz, und ist weiterhin durch Wahl einer geeigneten Übertragungskapazität

$$\omega C_{\ddot{u}} = \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_{\ddot{u}}}} \quad (25)$$

d. h. wählt man als Resonanzfrequenz für den aus L_1 und C_1 (Abb. 6) bestehenden Schwingungskreis die tiefste (oder

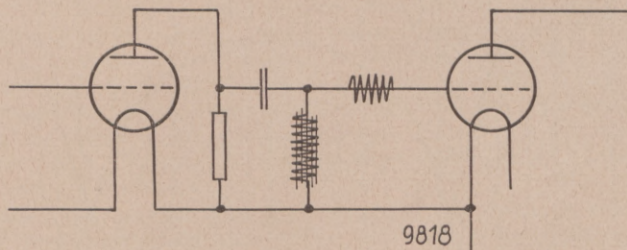


Abb. 8.

eine benachbarte) Frequenz, die zu übertragen ist, so kann man ebenso wie bei den hohen Frequenzen die Verstärkungskurve nicht nur geradlinig machen, sondern man kann sie je nach der Größe der Kreiswiderstände auch mehr oder weniger heben, um Frequenzbenachteiligungen bei außerhalb des Verstärkers liegenden Organen oder beim Ausgangstransformator zu kompensieren⁷⁾. Die an der Primärseite des Transformators liegende Spannung kann also, wie auch die Formeln zeigen, die an den Serienwiderstand angelegte E.M.K. je nach der Größe der Verlustwiderstände nicht unerheblich übersteigen.

Da bei der der Abb. 6 entsprechenden Schaltung der Anodengleichstrom die Primärwicklung des Transformators nicht durchfließt, so erhält man hier, je nach der Anfangspermeabilität⁸⁾ des verwendeten Eisens — diese ist allein wichtig —, recht hohe Werte für die Selbstinduktion schon bei niedrigen Windungszahlen. Erst bei dieser Anordnung kommen die Vorteile von Eisen hoher Anfangspermeabilität (Permalloy) voll zur Geltung⁹⁾, das gegen Gleichstromvormagnetisierung sehr empfindlich ist, da sich seine Magnetisierungskurve nur über geringe δ -Werte erstreckt. Hierdurch kann man unter Umständen auch höhere Übersetzungsverhältnisse erzielen, ohne die Streuresonanzfrequenz unzulässig zu vermindern, da man zur Erzielung der erforderlichen Selbstinduktionswerte nur verhältnismäßig niedrige Windungszahlen benötigt und so die Spulenkapazitäten vermindern kann.

Durch Fortfall der Vormagnetisierung ist auch der aussteuerbare Bereich auf der Magnetisierungskurve vergrößert, man kann also größere Amplituden aussteuern, ohne nichtlineare Verzerrungen befürchten zu müssen; vorausgesetzt

⁷⁾ Vgl. z. B. auch H. Reppisch, „Funk-Bastler“ 1928, Heft 1, S. 14.

⁸⁾ Vgl. hierzu auch A. v. Auvers, Helios 33, Nr. 9, 1927.

⁹⁾ Die uns hier interessierende Permeabilität ist die sogenannte reversible Permeabilität, also die Tangente an der Magnetisierungskurve, es ist $\mu = \frac{dB}{dH}$.

natürlich, daß die Anodendrossel ausreichend dimensioniert ist. Der nichtlineare Verzerrungsfaktor ist hierbei gegeben, auf die Einheit bezogen zu

$$p = -\frac{1}{\mu} \cdot \frac{d \mu}{d \delta} \quad (26)$$

Man kann das Ersatzschema der Abb. 3 zur für manchen vielleicht klareren Übersicht schaltungsmäßig auch anders nachbilden, beispielsweise durch entsprechende Drossel-spulenkopplung¹⁰⁾. Verwendet man die Schaltung der Abb. 7, so stellt D_2 eine kleine Drossel von geringer Selbst-induktion dar, deren Spulenkapazität man auch so niedrig halten kann, daß sie nicht schadet. Verwendet man statt der Anodendrossel einen Hochohmwiderstand, so erhält man die in der Abb. 8 schaltungsmäßig wiedergegebenen Verhältnisse.

Die Verwendung von Hochohmwiderständen kann vielfach, namentlich wenn der Gitterkreis der Vorröhre sehr dämpfungsarm ist, von Vorteil sein, um eine Schwingneigung des Verstärkers zu vermeiden; zu klein dürfen sie aber auch nicht sein, da sie sonst einen ungünstigen Einfluß auf die Resonanzspitzen der Drosselanordnung haben würden.

Zusammenfassung.

Entgegen der bisher immer wieder aufgestellten Behauptung, daß der Transformator keine Resonanz im Hörbereich

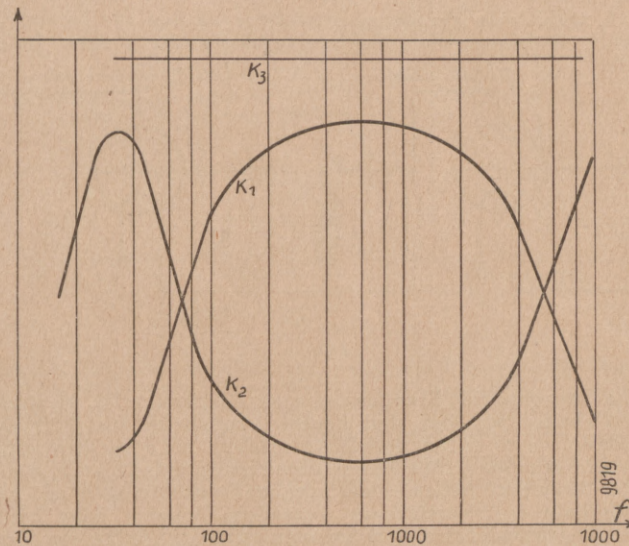


Abb. 9.

haben dürfte — hier ist vornehmlich die Resonanz des aus L_2 und C_2 bestehenden Schwingungskreises gemeint —, haben wir festgestellt, daß eine solche Resonanz im Hörbereich nicht nur nicht schädlich ist, sondern vorhanden sein muß, wenn nicht eine starke Frequenzabhängigkeit der Verstärkung entweder nach den tiefen oder nach den hohen Frequenzen zu eintreten soll. Eine Abflachung der Resonanzspitzen durch Dämpfung braucht daher mit Rücksicht auf Frequenzunabhängigkeit der Verstärkung nicht zu erfolgen; eine solche tritt allerdings ein, wenn man, um eine Schwingneigung zu beseitigen, für die Wicklungen Widerstandsdraht verwendet oder einen Hochohmwiderstand parallel zur Sekundärseite schaltet.

Fernerhin ist auch die sogenannte Streuresonanz, die durch die Tatsache bedingt ist, daß nicht alle die Primärwicklung durchsetzenden Kraftlinien auch die Sekundärseite durchsetzen, daß also quasi eine zusätzliche Selbstinduktion entsteht, die mit der gesamten aus Röhren- und Leitungskapazität bestehenden Kapazität C_2 einen Schwingungskreis bildet, der für eine bestimmte Frequenz in Resonanz kommt, nicht schädlich, sondern von Vorteil, da man es durch sie in der Hand hat, die Verstärkungskurve nach hohen Frequenzen zu geradlinig zu machen oder zu heben, um an andern Orten vorhandene Benachteiligungen der hohen Fre-

quenzen zu kompensieren. In gleicher Weise kann man die Verstärkungskurve ebenfalls unter Anwendung einer Resonanz nach den tiefen Frequenzen zu heben, indem man die aus der Abb. 6 erkannte Anordnung aus Anodendrossel, Übertragungskondensator und Transformator anwendet. Man kann eine derartige Entzerrung in mehreren Stufen anwenden und dadurch eine noch stärkere Hebung der Verstärkungskurve nach den Seiten zu erreichen, je nachdem, wie es im einzelnen Fall erforderlich ist.

Eine derartige Entzerrung ist erforderlich, da sowohl die Lautsprecher als auch die Mikrophone eine Frequenzkurve haben, die bei den mittleren Frequenzen Höchstwerte zeigt und nach den Flanken zu abfällt. Stellt die Kurve 1 der Abb. 9 beispielsweise die resultierende Frequenzcharakteristik von Mikrophon und Lautsprecher dar, so muß die Verstärkungskurve die in Kurve 2 wiedergegebene Form haben, damit die resultierende Frequenzcharakteristik der gesamten Wiedergabeeinrichtung geradlinig ist und der Kurve 3 entspricht.

Aus diesen Feststellungen geht hervor, daß ein Transformator als Kopplungsglied, eben wegen der Möglichkeit, in geeigneter Weise von Resonanzerscheinungen Gebrauch zu machen, in hohem Maße geeignet ist, besonders um Frequenzbeteiligungen bei anderen Organen im gesamten Übertragungsgang zu kompensieren. Der Transformatorverstärker wirkt also, richtig bemessen, nicht nur als Verstärker, sondern auch als Entzerrer, und ist hierdurch dem Widerstandsverstärker zweifellos erheblich überlegen¹¹⁾.

Hinsichtlich der „Anpassungsfrage“ ist zu sagen, daß zur Erzielung einer sowohl großen als auch frequenzunabhängigen Verstärkung der Eingangswiderstand auch für den ungünstigsten Fall noch groß gegenüber dem inneren Röhrenwiderstand, auf keinen Fall aber gleich diesem sein soll, was sich ja auch immer nur für bestimmte Frequenzen erreichen ließe. Es handelt sich hier also nicht um Anpassung, sondern um Überanpassung.

Es wäre zu begrüßen, wenn die Industrie Einheiten, bestehend aus Anodendrossel, Übertragungskondensator und Transformator, auf den Markt bringen würde, wobei die Resonanzfrequenzen etwas oberhalb der Grenzfrequenzen lägen und verhältnismäßig hohe Spitzen hätten, man könnte dann durch Anwendung eines Parallelwiderstandes zur Sekundärseite eine Regulierung der resultierenden Frequenzkurve der gesamten Apparatur in ziemlich weiten Grenzen erreichen.

Fusion in der amerikanischen Funkindustrie

New Yorker Blätter veröffentlichen eine Bekanntmachung des Präsidenten der General Motors Corporation und des geschäftsführenden Vizepräsidenten der Radio Corporation of America, in der als Abschluß wochenlanger Verhandlungen eine Fusion beider Verbände auf dem Gebiet der Funkindustrie mitgeteilt wird. Mit einem Grundkapital von 10 Millionen Dollar wird eine neue Gesellschaft, die General Motors Radio Corporation, gegründet. Die Radio Corporation of America, die General Electric Co., die Westinghouse Electric und die Mfg. Co.-Gruppe zahlen zusammen 4,9 Millionen Dollar ein und stellen außerdem sämtliche Funk- und Bildfunkpatente für Empfang und Wiedergabe zur Verfügung. Die General Motors Corporation übernimmt Aktien im Werte von 5,1 Millionen Dollar und sorgt für die Organisation des neuen Unternehmens.

Daneben bleibt aber die Radio Corporation of America bestehen und wird völlig unabhängig über Erzeugung und Absatz ihrer Fabrikate wachen, während die General Motors Radio Corporation neue geschäftliche Wege zu erschließen sucht.

Durch die Zusammenarbeit zwischen Funkindustrie und Automobilproduktion hofft man, neue Absatzgebiete zu gewinnen. So sind bereits für die Automobiltypen Cadillac und La Salle 1000 Rundfunkempfangsanlagen fertiggestellt worden. Die weitere Radioifizierung der General Motors-Automobile soll in beschleunigtem Tempo fortgesetzt werden.

¹¹⁾ Der diese Verhältnisse nicht berücksichtigenden Ansicht Barkhausens (vgl. H. Barkhausen: Elektronenröhren, 3. Bd., S. 237/8, Leipzig 1929) kann ich mich nicht anschließen, muß vielmehr dieserhalb auf die entsprechenden Ausführungen Rukops verweisen.

¹⁰⁾ Vgl. hierzu auch K. Kafka, Jahrb. d. d. T. u. T. 31, S. 87 f., 1928.